MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

NOUVELLE SÉRIE — TOME VI — FASC. 2 — FEUILLES 7 A 10

MÉMOIRE N° 13, PP. 1 A 29 — PL. I à VI

ÉTUDE ANATOMIQUE SUR LE STIPE

DU

PROTOPTERIS SEWARDI N. SP.

PAR

M. D. ZALESSKY

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

28, RUE SERPENTE VI

TÉL. DANTON 90-61

—

1930

MÉMOIRES EN VENTE A LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

MÉMOIRES DE GÉOLOGIE (1833-1910)

		Francs
1834.	— Desgenevez. *Observations sur le Cantal, les Mont-Dore et la composition des roches volcaniques*, 22 p., 1 pl. — Reboul. *Mémoires sur les terrains de comblement tertiaires*, 18 p. — Boué. *Coup d'œil d'ensemble sur les Carpathes, le Marmarosch, la Transylvanie et certaines parties de la Hongrie, rédigé en grande partie d'après les notes de voyage de M. Lill de Lilienbach*, 22 p., 1 carte. — Lill de Lilienbach. *Journal d'un voyage géologique fait à travers toute la chaîne des Carpathes, en Bukowine, en Transylvanie et dans le Marmarosch*, 80 p., 3 pl. — Bertrand Geslin. *Notice géognostique sur l'île de Noirmoutier (Vendée)*, 14 p., 12 pl. — Jean Steininger. *Obs. sur les fossiles du calcaire intermédiaire de l'Eifel*, 42 p., 4 pl.	60 »
1835.	— Levallois. *Identité des formations qui séparent dans la Lorraine et la Souabe le calcaire à Gryphites (Lias) du Muschelkalk*, 28 p. — Léveillé. *Aperçu géologique de quelques localités très riches en coquilles sur les frontières de France et de Belgique*, 12 p., 2 pl. — Toulmouche. *Note explicative de la carte géologique du département d'Ille-et-Vilaine*, 2 p., 1 carte. — A. Boué. *Aperçu sur la constitution géologique des provinces illyriennes*, 48 p., 1 pl. — C. Prévost. *Notes sur l'île Julia pour servir à l'histoire de la formation des montagnes volcaniques*, 38 p., 3 pl.	60 »
1839.	— de Buch. *Traduit par Le Cocq. Essai d'une classification et d'une description des Térébratules* (Deuxième partie), 60 p., 4 pl. — Thorent. *Mémoire sur la constitution géologique de la partie nord du département de l'Aisne et l'extrémité Sud du département du Nord*, 22 p., 2 pl. — d'Archiac. *Observations sur le groupe moyen crétacé*, 52 p. — Leymerie. *Mémoire sur la partie inférieure du système secondaire du département du Rhône*, 66 p., 2 pl. — Studer. *Mémoire sur la carte géologique des chaînes calcaires et arénacées entre les lacs de Thun et de Lucerne*, 24 p., 1 pl.	50 »
1840.	— A. d'Orbigny. *Mémoire sur les Foraminifères de la craie blanche du bassin de Paris*, 52 p., 4 pl. — Rozet. *Mémoire géologique sur la masse de montagnes qui séparent le cours de la Loire de ceux du Rhône et de la Saône*, 100 p., 3 pl. — L. de Buch. *Traduit par Le Coq. Essai d'une classification des Delthyris ou Spirifers et Orthis*, 76 p., 5 pl.	60 »
1841.	— J. Cornuel. *Mémoire sur les terrains crétacé inférieur et supra-jurassique de l'arrondissement de Vassy (Haute-Marne)*, 62 p., 3 pl. — Leymerie. *Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube contenant des considérations générales sur le terrain néocomien*, 74 p., 2 pl.	50 »
1842.	— Leymerie. *Suite du Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube*, 34 p., 18 pl. — Viquesnel. *Journal d'un voyage dans la Turquie d'Europe*, 94 p., 3 pl.	50 »
1842.	— d'Archiac. *Descrip. géol. du Départ. de l'Aisne*, 292 p., 4 tabl., 11 pl.	100 »
1856.	— J. Durocher. *Etudes sur la structure orographique et la constitution géologique de la Norvège, de la Suède et de la Finlande*, 208 p., 3 pl.	60 »
1861.	— Michelin. *Monographie des Clypéastres fossiles*, 48 p., 28 pl.	100 »
1867.	— E. Brossard. *Essai sur la constitution physique et géologique des régions méridionales de la subdivision de Sétif (Algérie)*, 114 p., 3 pl.	25 »
1868.	— G. de Saporta. *Prodrome d'une flore fossile des travertins anciens de Sézanne*, 150 p., 15 pl.	60 »
1871.	— G. Cotteau. *Notice sur le genre Asterostoma*, 8 p., 2 pl.	20 »
1871.	— H. Magnan. *Mémoire sur la partie inférieure du terrain de craie des Pyrénées françaises et des Corbières*, 82 p., 2 tabl., 2 pl.	40 »
1872.	— A. Toucas. *Sur les terrains crétacés des env. du Beausset (Var)*, 66 p., 1 carte	25 »
1873.	— P. Gervais. *Mémoire sur plusieurs espèces de Mammifères fossiles propres à l'Amérique méridionale*, 44 p., 9 pl.	25 »
1874.	— H. Magnan. *Matériaux pour une étude stratigraphique des Pyrénées et des Corbières. Les roches ophitiques et les terrains qui les renferment. Remarques sur la formation des montagnes pyrénéennes et corbiériennes, et notamment sur l'importance des failles et des érosions* (Mém. posthume), 112 p., 4 pl.	50 »
1875.	— H.-E. Sauvage. *Mémoire sur les Dinosauriens et les Crocodiliens des terrains jurassiques de Boulogne-sur-Mer*, 64 p., 6 pl.	40 »
1876.	— Terquem et Berthelin. *Étude microscopique des marnes du Lias moyen d'Essey-lès-Nancy, zone inférieure de l'assise à A. margaritatus*, 136 p., 10 pl.	120 »
1877.	— H. Arnaud. *Mémoire sur le terrain crétacé du sud-ouest de la France*, 110 p., 3 tabl., 8 pl.	50 »
1877.	— H.-E. Sauvage. *Mémoire sur les Lepidotus maximus et L. palliatus*, 30 p., 2 pl.	20 »
1878.	— P. Fischer. *Paléontologie des terrains tertiaires de l'île de Rhodes* (avec la collaboration de MM. Cotteau, Manzoni et Tournouër), 78 p., 3 pl.	50 »
1879.	— O. Terquem. *Les Foraminifères et les Entomostacés Ostracodes du Pliocène supérieur de l'île de Rhodes*, 136 p., 14 pl.	120 »
1880.	— H.-E. Sauvage et F. Liénard. *Mémoire sur le genre Machimosaurus*, 32 p., 4 pl.	20 »
1880.	— Berthelin. *Mémoire sur les Foraminifères de l'étage albien de Montcley (Doubs)*, 84 p., 2 tabl., 4 pl.	120 »
1881.	— J. de Morgan. *Mémoire sur les terrains crétacés de la Scandinavie*, 48 p., 2 pl.	20 »

MÉMOIRE N° 13

ÉTUDE ANATOMIQUE

SUR LE STIPE DU *PROTOPTERIS SEWARDI* N. SP.

VENTE DES PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ, 28, rue Serpente, Paris, VI

1° **Comptes rendus** sommaires des séances, *servis gratuitement environ deux fois par mois à tous les membres de la Société* et formant chaque année 1 vol. d'environ 300 p. in-8. Prix : 40 francs.

2° **Bulletin** périodique des travaux de la Société, *dont le service est fait gratuitement à tous les membres de la Société* et formant, depuis 1830, un fort volume annuel in-8 avec dessins, héliogravures, phototypies, cartes. Prix : 160 fr.

Les comptes rendus isolés, les fascicules séparés, les volumes, les tables générales sont VENDUS AU PUBLIC (remise de 50 % aux membres de la Société).

3° **Bibliographie des Sciences géologiques** publiée par la Société Géologique avec le Concours de la Société française de Minéralogie et de la Fédération des Sociétés françaises de Sciences naturelles. Fascicules trimestriels, in-8°. Prix : 50 fr.

4° **Réunions extraordinaires**. Comptes rendus détaillés des Excursions faites en groupe par la Société, une fois par an ; prix divers (50 % pour les membres de la Société).

5° **Mémoires, Géologie**, 1833-1910, format in-4° raisin. Prix divers (remise 50 % aux membres de la Société).

6° **Mémoires, Paléontologie**, 1890-1923 (En vente par Mémoire). Prix divers (remise 20 % aux membres de la Société).

7° **Mémoires (nouvelle série)**. In-4° raisin. Par souscription payable avant l'apparition du volume : France, 160 francs. Étranger, 180 francs. — Après l'apparition, le volume : 200 francs, et par fascicule, prix divers (Réduction 20 % aux membres de la Société).

8° **Mémoires divers**. **Travaux de Fontannes** (prix divers).

9° **Travaux de Cossmann** et **Revue Critique de Paléozoologie**, 1897-1924.

MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE

DE FRANCE

(NOUVELLE SÉRIE)

MÉMOIRE N° 13

ÉTUDE ANATOMIQUE SUR LE STIPE

DU

PROTOPTERIS SEWARDI N. SP.

PAR

M. D. ZALESSKY

PARIS

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, RUE SERPENTE, VI

1930

Digitized by the Internet Archive
in 2023

https://archive.org/details/memoires-sgf_1930_6_13

ÉTUDE ANATOMIQUE SUR LE STIPE DU *PROTOPTERIS SEWARDI* N. SP.

INTRODUCTION

Le stipe d'une fougère *Protopteris Sewardi n. sp.*, dont la structure est étudiée dans le présent mémoire, a été trouvé en 1920, pendant les travaux de surface, dans les exploitations de schistes bitumineux d'Oundorsk (près du village Gorodisché du district Simbirsk du gouv. Simbirsk) dans la couche d'argile qui compose le toit de la quatrième veine exploitable de schiste bitumineux. La couche d'argile (de 0,4-0,5 m. d'épaisseur) qui sépare la troisième et la quatrième couches exploitables de schiste, ainsi que toute l'assise qui contient le schiste bitumineux, appartient aux dépôts de la zone à *Perisphinctes Panderi* et *Virgatites scythicus* de l'étage volgien inférieur, de plus aux parties les plus hautes de cette zone.

Le stipe de la fougère était couché dans l'argile horizontalement et était cassé en morceaux avant son extraction, mais ces morceaux étaient situés dans l'ordre naturel, composant un stipe entier. Le stipe se trouve en ce moment au Musée du Comité géologique de Russie monté en position verticale. Il a été transmis au Comité géologique par le géologue A. N. Rosanov qui l'a reçu de l'Administration des exploitations de schistes de l'arrondissement volgien moyen ; celle-ci nous a également communiqué des données sur les conditions de sa provenance.

Le stipe de la fougère, comme nous le verrons ci-après, appartient au genre *Protopteris* et constitue une espèce nouvelle que j'ai dédiée à M. le professeur A. C. Seward. C'est l'expression de mon admiration pour ses mérites de paléobotaniste, ainsi que celle de ma chaude reconnaissance pour l'assistance amicale qu'il a voulu me donner dans le rétablissement de ma bibliothèque paléobotanique et dans un travail scientifique. L'exécution de cet ouvrage et la continuation de mes études des végétaux fossiles en général m'ont été facilitées par l'assistance de plusieurs confrères, occupés également de notre science, qui m'ont adressé aimablement leurs publications nouvelles et anciennes en compensation des pertes que j'ai subies en 1920. Cette assistance m'a été fournie, outre M. le professeur A. C. Seward, par le Dr Agnes Arber, Dr Margaret Benson, prof. Paul Bertrand, prof. F. O. Bower, prof. A. Carpentier, prof. W. Gothan, prof. W. F. Gordon, Dr W. J. Jongmans, prof. W. H. Lang, prof. F. W. Oliver, prof. B. Sahni et Dr D. H. Scott. Je saisis l'occasion pour exprimer ici à ces savants distingués ma sincère reconnaissance. A M. le regretté Dr R. Kidston, à qui je dois la même assistance, je ne saurais plus exprimer ma gratitude pour ses soins paternels et la bonne volonté avec laquelle

il m'aidait, autant qu'il pouvait, pendant la période difficile de mon activité scientifique, ainsi que durant ses périodes plus heureuses. Pour exprimer ma reconnaissance à ce grand maître et excellent ami, je me fais un devoir sacré de dédier le présent mémoire à son illustre souvenir.

1924.

DESCRIPTION DU *PROTOPTERIS SEWARDI.*

Le stipe

Aspect extérieur.

Le stipe minéralisé [1] du *Protopteris Sewardi* sous sa forme primitive de montage avant la prise d'un morceau dans sa partie supérieure pour la préparation des coupes minces, atteignait 1,91 mètre de hauteur. Dans la partie inférieure qui forme la souche, il a un diamètre de 26,6 cent., un peu plus haut, au niveau de l'anneau inférieur de montage, qui l'embrasse, de 20,3 cent. et, à la hauteur de l'anneau supérieur, de 16,5 cent. (pl. I, fig. 1 et 2). La coupe mince, préparée de la partie supérieure, comme l'aspect extérieur même du stipe (v. les photographies), montre que le stipe est un peu comprimé, suivant le grand diamètre ; cette coupe mince a 10,5 cent. et, suivant le petit diamètre, 9,3 cent. ; entre autres, le diamètre de la stèle avec l'écorce interne et externe qui l'entoure atteint 5 cent. et le reste de l'épaisseur est dû à la protection des racines adventives embrassant le stipe et intimement unies à celui-ci. La surface du stipe est couverte des bases des rachis foliaires disposés spiralement et sortant de la protection radiculaire du stipe qui remplit les intervalles entre eux (pl. I, fig. 3).

A la périphérie, cette protection est couverte de rides et de trous parce qu'une partie des racines adventives est à demi détruite et a laissé des creux. Les rachis, même près de la surface, sont détruits au milieu et sont enlevés jusqu'à leurs tissus extérieurs ; à l'intérieur, ils ont une cavité qui montre rarement sur la surface la forme caractéristique de la trace foliaire en fer à cheval trilobé.

Structure interne.

La section transversale du stipe montre l'anneau vasculaire avec cinq grandes et trois petites saillies ou mailles (pl. I, fig. 6). Il est constitué de plus grosses bandes arquées, apolaires, alternant avec les places de l'apparition des traces foliaires, lesquelles correspondent aux mailles indiquées. Près du passage de la lame arquée apolaire de ses deux parties en une saillie en forme de maille, la largeur de cette lame diminue graduellement et, à fine pointe, la maille se représente tout à fait étroite (pl. II, fig. 1). Cette circonstance provient du groupement de la masse du tissu vasculaire du plan horizontal dans le plan vertical et se trouve en rapport avec le commencement de la trace foliaire. Conformément au nombre des grandes et petites mailles de l'anneau vasculaire, la phyllotaxie est subordonnée apparemment à la fraction 3/8, ce qui signifie que les feuilles forment sur le

1. La substance minéralisante du stipe comprend, d'après l'analyse de Mme E. Sverjinsky, SiO^2 — 88, 61 ; Fe^2O^3 — 1, 98 ; Al^2O^3 — 0, 67 ; Ca O — 0, 35 ; Mg O — 0, 14 ; $K^2O + N^2O$ — 0, 26. La perte pendant le chauffage au rouge est de 7, 38.

stipe huit séries verticales ou orthostiques, la spirale fait trois tours et, au-dessus de la première feuille, se trouve sur la même rangée rectiligne (orthostique) la neuvième feuille. L'anneau vasculaire, des deux côtés, c'est-à-dire vers l'extérieur et vers l'intérieur, est bordé par des bandes étroites de phloème et, à quelque distance de celles-ci, après quelques rangées de cellules de tissu fondamental, en suivant les sinuosités, sont disposés les anneaux mécaniques intérieurs et extérieurs, construits de fibres de sclérenchyme. Toute la partie du stipe entourée par l'anneau mécanique intérieur est occupée par la moelle, dans laquelle sont dispersés, par nids de configuration bizarre, des éléments mécaniques (fibres de sclérenchyme, pl. I, fig. 4 et 5). En dehors de l'anneau mécanique extérieur se trouve l'écorce interne, constituée de cellules de parenchyme et contre laquelle passe l'anneau plus étroit de l'écorce externe, formée de fibres de sclérenchyme ; contre ce tissu se serre l'épiderme, dont une rangée de cellules donne naissance à de longs poils cloisonnés d'une cellule de largeur. Ces poils étroitement rapprochés font croire que le stipe dans cette partie est constitué de tissu à parois minces (pl. IV, fig. 4). Ce faux tissu est parcouru dans les directions radiale et longitudinale par une masse de racines adventives qui naissent de l'anneau vasculaire et revêtent tout le stipe en formant une protection épaisse (pl. IV, fig. 7). Ces poils cloisonnés couvrent non seulement la surface du stipe entre les rachis foliaires, mais à une certaine distance, les bases des rachis eux-mêmes.

Passons à présent à l'étude plus détaillée des portions du stipe en commençant par la description du système vasculaire. Ce système représente ce qu'on appelle en botanique la dictyostèle radiale, c'est-à-dire le cylindre vasculaire, entouré des deux côtés par le phloème et par les anneaux mécaniques avec les brèches qui se forment à la suite du départ des traces foliaires, à la formation desquelles prend part, sur un certain espace, toute l'épaisseur de ce cylindre que nous appelons dans cette partie : la lame ou arc de génératrice foliaire. Il faut ajouter encore que ce départ des traces foliaires s'opère suivant toute la périphérie du cylindre vasculaire. La clôture de la brèche foliaire vers le haut s'opère par le rapprochement graduel de ses bords et par la liaison définitive des portions ou lames réparatrices du cylindre vasculaire. Comme les lames des génératrices foliaires de la dictyostèle ne délimitent pas les traces foliaires d'emblée, mais s'y préparent graduellement, s'écartant sur une certaine étendue de leur position normale, ces lames apparaissent donc sous la forme de saillies mamillaires de la stèle. Dans la coupe horizontale, elles ont, comme nous l'avons déjà dit, l'aspect de mailles ou d'ondulations plus ou moins prononcées et, sur la coupe radiale, de saillies disposées obliquement à la normale (pl. I, fig. 4 et 5 ; pl. II, fig. 1). Dans la section horizontale on observe trois brèches en face desquelles les commencements des traces foliaires se font voir.

La lame réparatrice de la stèle (méristèle) qui se trouve entre deux lames de génératrices foliaires, à cause de sa phyllotaxie serrée, a l'aspect d'un arc convexe vers la moelle, plus épais au milieu et allant se rétrécissant graduellement vers les deux pointes (pl. II, fig. 1, 2, 4). Dans sa partie la plus large, cette lame a jusqu'à 21 cellules en épaisseur et dans ses parties les plus étroites on n'en compte que 8 ou peut-être encore moins. Tout l'anneau vasculaire de la stèle est formé de trachéïdes scalariformes de section polygone, distribuées en groupes séparés les uns des autres par le parenchyme du bois, qui forme un genre de rayons médullaires irrégulièrement sinueux. Les trachéïdes ne se distinguent les unes des autres que par la grosseur ; cependant nulle part on ne peut observer de centres de développement de ce métaxylème, c'est-à-dire de portions du protoxylème, ou, comme on dit, il n'y a pas de pôles ; pour cette raison nous pouvons regarder la méristèle comme apolaire (pl. II, fig. 2-5). Près des points de l'arc-réparateur, où ils passent dans la maille de la génératrice foliaire, comme je l'ai déjà dit, les trachéïdes changent de

direction (pl. III, fig. 1 ; pl. II, fig. 6). Auparavant situées verticalement, elles se couchent horizontalement de façon qu'en cet endroit les sections transversales de quelques-unes se trouvent côte à côte avec les sections longitudinales des autres. Au point où s'effectue le changement de direction des trachéïdes a lieu la séparation, de l'arc vasculaire de méristèle, des ramifications des faisceaux, qui vont dans les racines adventives, constituant la protection radiculaire du stipe. Une pareille ramification est reproduite par la fig. 1, pl. IV (a).

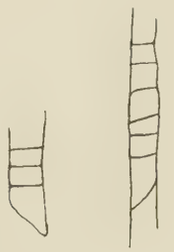


Fig. 1. — Les cellules de parenchyme du bois sur la coupe longitudinale du stipe de *Protopteris Sewardi*. × 120.

Fig. 2. — Les cellules du phloème sur la coupe longitudinale du stipe de *Protopteris Sewardi*. × 120.

Les cellules de parenchyme ligneux, 0, 025 mm. × 0, 033 mm. de grosseur (de 0, 025 mm. jusqu'à 0, 041 mm. de hauteur et 0, 033 mm. de largeur et de longueur), dispersées solitairement ou par groupes entre les trachéïdes scalariformes, proviennent apparemment de fibres primitives, parce que dans la section longitudinale on rencontre, outre les cellules quadrangulaires, des cellules triangulaires qui représentent, comme on peut penser, les cellules terminales des fibres primitives recloisonnées (fig. 1 dans le texte). Le phloème qui se serre contre les côtés extérieurs et intérieurs du xylème, là où, par exception, il est conservé, occupe seulement 3-4 cellules en largeur (pl. II, fig. 4 et 5). Ses cellules prosenchymateuses avec des cloisons transversales, un peu obliques, longues de 0, 125 mm. et larges de 0, 033 mm., sont remplies pour la plupart d'un contenu brun qui ne permet pas de distinguer entre eux les tubes criblés et les cellules-compagnes (fig. 2 dans le texte). Le phloème est séparé des éléments de xylème par une ou deux rangées de cellules à parois minces qui jouent le rôle de gaine de xylème. Cette gaine, cependant, se rapproche par l'état de conservation assez près du phloème si bien qu'il n'est pas toujours possible de la séparer de ce dernier. Le péricycle et l'endoderme ne peuvent pas être séparés des cellules contiguës du phloème, quoique la limite de l'endoderme avec l'écorce interne, constituée de cellules parenchymateuses, remplies d'un contenu brun ou noir, soit indiquée par places par la ligne légèrement colorée des cellules de l'endoderme, comparées aux cellules de l'écorce. Tout l'espace, de l'endoderme jusqu'au tissu mécanique qui entoure la dictyostèle des deux côtés (extérieur et intérieur), est occupé par le parenchyme. Dans cette bande, dont la largeur varie dans les différentes parties de la stèle, on compte de 12 à 16 rangées de cellules. Le tissu mécanique, accompagnant les sinuosités de la dictyostèle des deux côtés en forme d'anneaux d'environ 1 mm. de large, est constitué par des cellules un peu prosenchymateuses à paroi épaisse brune, remplies tantôt complètement, tantôt en partie, par un contenu brun. Dans ce dernier cas les cellules contiennent au centre un espace arrondi blanchâtre (pl. III, fig. 8). Les parois de ces cellules sont transpercées par des canaux qui, étant remplis d'un contenu brun, se manifestent légèrement dans l'épaisseur des parois

colorées plus faiblement par la même substance (pl. IV, fig. 8). L'écorce externe, qui entoure l'écorce interne, a une épaisseur peu considérable allant jusqu'à 1, 5 mm. (pl. I, fig. 4 et 5). Elle est construite de fibres sclérenchymateuses qui laissent voir dans leurs parois des canaux remplis d'un contenu brun, comme on en observe dans les cellules sclérenchymateuses des anneaux mécaniques.

Au delà de l'écorce externe vient une bande étroite de cellules épidermiques donnant naissance à de longs poils recloisonnés qui se pressent étroitement les uns contre les autres et, épousant les sinuosités des poils voisins identiques, forment une sorte de tissu, le pseudo-parenchyme, dont les cellules constitutives sont les cellules des poils. Ce pseudo-tissu est, par sa fonction, le tissu absorbant et il correspond au tissu absorbant de la racine. Ces cellules sont allongées dans le sens de la longueur du poil : la longueur de celui-ci en dépasse la largeur de 20 fois. Par suite de la compression de certains poils par d'autres, leurs limites sont plus apparentes que les limites des cellules qui les constituent ; ce pseudo-tissu ne détermine pas partout clairement le caractère de la structure cellulaire (pl. IV, fig. 4). Dans ce faux tissu, des racines adventives sont disposées en quantité ; elles percent son épaisseur dans la direction oblique et verticale en sortant de divers niveaux de la dictyostèle du stipe. En outre les poils qui constituent ce pseudo-tissu entourent les racines qui se trouvent sur leur chemin (pl. IV, fig. 7) ou se plient autour d'elles ; de ces racines, à leur tour, dans tous les sens de leur périphérie, sur une étendue déterminée de leur parcours, sortent aussi des poils, mais plus minces et ne représentant qu'une cellule fortement allongée (pl. IV, fig. 3). La partie centrale de la dictyostèle est occupée par la moelle qui atteint 42 mm. d'épaisseur, si l'on mesure le diamètre des deux portions opposées des génératrices foliaires de la dictyostèle où elle se prolonge également, et 29 mm. entre les arcs réparateurs opposés du dernier (pl. I, fig. 4 et 5). Elle est constituée par des cellules à parois minces qui sont tantôt isodiamétriques, tantôt deux, trois fois plus hautes que larges ; pour cela le terme parenchyme ne peut être appliqué à ce tissu que sous certain degré. Entre ce tissu à parois minces, tantôt plus ou moins parenchymateux, tantôt prosenchymateux, sont dispersés, par groupes de forme irrégulière, des nids de tissu à parois plus épaisses et plus colorées en brun (pl. III, fig. 5 et 6 et pl. III, fig. 4), dont les cellules par leur forme se distinguent peu du tissu à parois minces, ce qui fait croire qu'elles pourraient être nées par le simple épaississement de la paroi cellulaire à mesure que la moelle augmentait d'épaisseur tout en lui donnant une solidité plus considérable. Cette explication est la plus plausible, car dans une petite pousse, née du même stipe et où l'anneau libéroligneux a l'aspect de siphonostèle sans brèches foliaires, toute la moelle n'est entièrement constituée que de cellules à parois minces (pl. III, fig. 2). Là, où la pousse, vu sa petite dimension, n'avait pas besoin d'adaptation mécanique, les nids du tissu à parois épaisses étaient absents et ne pouvaient tirer plus tard leur origine que de cellules à parois minces. Ces cellules à parois épaisses sont sclérenchymateuses, car dans leurs parois il y a des pores, qu'on observe dans les fibres sclérenchymateuses (pl. III, fig. 4). Les cellules de la moelle à parois minces sont, par places, bien conservées (pl. III, fig. 6 et 7) et ont le contenu des cellules faiblement colorées, mais dans la plupart des cas elles sont remplies d'un contenu brun ; c'est pourquoi les parois jaunes des cellules sont nettement visibles en relief, grâce au contraste avec leur contenu.

Dans la coupe transversale (fig. 5, pl. III), les cellules de la moelle ne sont pas conservées et, à leur place, on voit comme un réseau de parois cellulaires d'une masse organique détruite qui a rempli l'espace entre les nids du tissu sclérenchymateux. Dans une autre coupe cependant, ce tissu, à parois minces, de la moelle était bien conservé (pl. III, fig. 6 et 7). Le tissu à parois épaisses, résistant mieux à la destruction, est bien conservé bien dans toutes nos préparations, longitudinales et transversales.

La pousse latérale du stipe.

Dans une préparation, qui représente une portion de la coupe transversale du stipe vis-à-vis de la maille de la dictyostèle dans la zone de l'écorce interne, on découvre la coupe d'une petite pousse de 8-10 mm. de diamètre (pl. III, fig. 2). Il est intéressant d'observer que la stèle de cette pousse ne représente pas une dictyostèle, mais une siphonostèle typique, dans laquelle l'anneau vasculaire est bien conservé, ainsi que le phloème intérieur et extérieur adjacent à celui-ci (pl. III, fig. 3), et dont le centre n'est occupé que par le tissu constitué de cellules à parois minces, pareilles aux cellules à parois minces de la moelle du stipe, d'une part, et aux cellules de l'écorce interne de celui-ci, d'autre part (pl. III, fig. 2).

La sortie des traces foliaires.

La trace foliaire, comme nous l'avons déjà mentionné, sort de la portion de la dictyostèle que nous avons nommée dans notre description la portion de génératrice foliaire. Cette expression rend bien le fait, car cette portion s'avance tout entière pour former la trace foliaire (pl. II, fig. 1 ; pl. I, fig. 4). La saillie de la portion de génératrice foliaire apparaît sous un angle extérieur obtus de 140° à la portion de dictyostèle qui suivait jusque-là la ligne verticale et que nous avons nommée portion réparatrice, car c'est à ses dépens que se rétablissent les brèches foliaires voisines. Si la coupe est faite le long du stipe d'une façon rigoureusement radiale à travers le milieu de la maille de dictyostèle comme elle se dessine dans la coupe horizontale, la saillie indiquée de la portion de la génératrice foliaire se présentera sur la section en forme d'un faisceau mince de deux, trois rangées de trachéïdes, se dirigeant en dehors de l'anneau vasculaire, au-dessus duquel la moelle du stipe pénètre dans cette saillie à la suite du faisceau, en laissant dans l'anneau vasculaire une brèche mesurant 17, 5 mm. dans le sens vertical et jusqu'à 8 mm. en direction tangentielle. La coupe tirée le long du stipe selon la tangente à la maille de dictyostèle, comme elle se dessine dans la section horizontale de celui-ci, offre un autre aspect, représenté par la coupe longitudinale, figure 5, pl. I, dépassant un peu la grandeur naturelle, et par la portion de celle-ci, reproduite par la fig. 1, pl. III, grossie 14 fois. Nous y voyons que l'anneau vasculaire qui se dirige dans la partie inférieure de la section verticalement, s'écarte dans sa partie supérieure de la direction verticale, s'amincissant en même temps au diamètre. En face de la région génératrice de la trace foliaire, l'anneau s'élargit de nouveau et on y observe un nouveau groupement dans la direction des trachéïdes qui changent leur position verticale en oblique. En outre la masse du bois et du liber change son étendue d'horizontale en verticale. Cette particularité tient à ce que toute la masse de cette portion des trachéïdes se répartit suivant la circonférence en forme de tube mince. D'abord ce tube est lié étroitement à la dictyostèle ; mais à la fin, s'éloignant de sa portion vers le dehors, elle se sépare de celui-là dans sa partie supérieure et elle se montre alors fendue longitudinalement dans sa partie supérieure avec des bords un peu recourbés en dedans. Dans la partie droite de la fig. 1, pl. III, qui montre le groupement indiqué des trachéïdes, on en voit une large portion s'en allant au dehors, car ici le tube mentionné de génératrice foliaire, se trouvant encore en union complète avec la dictyostèle, est coupé à une certaine distance selon une tangente à la circonférence.

Bientôt après s'être séparée de la dictyostèle, la trace foliaire dans la coupe transversale du stipe prend, en général, la forme d'un fer à cheval à bords un peu recourbés en dedans

et orientés, comme on l'a vu ci-dessus, vers la stèle. Ce fer à cheval a le contour lobé on y observe trois lobes, deux proximales dirigés au dedans du stipe et à ses côtés, et un autre, plus large, qui avance au dehors dans la portion distale (pl. IV, fig. 9; pl. V, fig. 1 et 2).

A la partie proximale du fer à cheval on observe une courbe de ses bords libres en dedans ; c'est pourquoi le faisceau vasculaire a le caractère tubuleux et le vide de ce tube ouvert est occupé par le tissu qui sert de continuation au tissu de la moelle du stipe, mais qui est constitué exclusivement de cellules à parois minces. De ses deux côtés internes ainsi qu'à l'extérieur le faisceau vasculaire est bordé de phloème qui, ordinairement, ne se conserve pas. La trace foliaire est entourée par l'endoderme. Plus loin, en dehors de ce dernier tissu, elle est entourée des deux côtés par un tissu mécanique qui est plus développé sur le côté intérieur de la trace que sur son côté extérieur.

En examinant, dans la coupe transversale du stipe, la section des traces foliaires près de la dictyostèle, quand elles traversent l'écorce intérieure, nous voyons que leur bande mécanique externe paraît être leur formation la plus externe ; mais en traversant l'écorce externe, elles sont entourées par une enveloppe de tissu de l'écorce interne d'une épaisseur déterminée et, en sortant de l'écorce externe, par une protection mince de ce tissu. En quittant l'écorce externe, la trace foliaire entre dans la base du rachis et ici sa forme de fer à cheval trilobé se manifeste de la manière la plus caractéristique. La trace foliaire près de la dictyostèle, dans la coupe transversale du stipe, ne se coupe pas tout à fait transversalement, mais obliquement, si bien que les trachéïdes montrent en partie leurs parois avec les épaississements scalariformes, et par conséquent on ne peut pas imaginer exactement le groupement des éléments des trachéïdes du xylème ; mais, apparemment, ils sont distribués en forme de fer à cheval à contour arqué, presque uni, avec de petits enfoncements dans la partie antérieure des deux côtés ; le contour du faisceau vasculaire de la trace foliaire dans son passage à travers le tissu du stipe, un peu au delà de la dictyostèle, n'est plus uni : il paraît festonné. Cela provient de ce que le faisceau vasculaire ne se montre pas ici en forme d'anneau ou d'arc apolaire, mais contient beaucoup de pôles ou d'origines du développement du xylème ; en outre, ces pôles sont saillants et tournés à l'extérieur et les portions de bois entre ces pôles sont tirées dedans en forme de saillies. Autrement dit la trace foliaire représente un anneau incomplet de la chaîne des divergents avec le protoxylème endarque. Par leurs ailes constituées du métaxylème, ces divergents se poussent l'un l'autre sous un angle déterminé et au nombre des pôles endarques du protoxylème correspond un certain nombre de saillies qui s'avancent au dedans (pl. V, fig. 3 et 4). Sous le nom de divergent, d'après Ch. Eug. Bertrand et Cornaille, on comprend l'unité vasculaire organique primitive ; si on l'accepte, on peut mieux comprendre toute la diversité de structure du tissu vasculaire des Mégaphyllides [1].

Dans la trace foliaire qui traverse la zone des racines adventives dans la coupe transversale du stipe (fig. 2, pl. V), on voit dans le faisceau vasculaire jusqu'à 50 pôles endarques du protoxylème et jusqu'à 51 saillies du métaxylème. Il est bordé des deux côtés par le phloème bien conservé, séparé du xylème par une série de cellules de l'amylome. La trace foliaire est entourée ici par une écorce de cellules à parois minces, bordée par la bande étroite de l'écorce externe sclérenchymateuse. Ainsi dans la zone des racines nous avons déjà affaire aux

1. Ch. Eug. Bertrand et F. Cornaille. Étude sur quelques caractéristiques de la structure des Filicinées actuelles. I La masse libéroligneuse élémentaire des Filicinées actuelles et ses principaux modes d'agencement dans la fronde. *Travaux et mémoires de l'Université de Lille*, 1902, tome X, mémoire n° 29, p. 15.
R. Chodat. Principes de Botanique, 3me édition, 1921, p. 249.

rachis foliaires. Sa section répète la forme de la trace foliaire avec cette seule différence que les angles de cette dernière s'arrondissent, les enfoncements des côtés sont moins nets et la partie supérieure du rachis, au-dessus des courbures de la trace foliaire en dedans, paraît bombée.

La racine.

Le faisceau vasculaire de la racine adventive tire son origine de la dictyostèle, se détachant du côté extérieur des portions des génératrices foliaires (pl. IV, fig. 1) et, en passant par les écorces internes et externes du stipe, se revêt des tissus correspondants. Dans la région de la protection radiculaire du stipe, la racine a la structure que voici : au centre se trouve un faisceau vasculaire bipolaire, ou, comme on dit encore, diarque, de contour ovale dans la coupe transversale, avec deux pôles sur les deux côtés diamétralement opposés, ayant de grandes trachéïdes disposées au milieu. Après le faisceau vasculaire paraît la gaine du xylème et contre celle-là se serre le phloème sur les deux côtés du faisceau vasculaire. Au delà du phloème se trouve le péricycle et l'endoderme intérieur. Ordinairement on ne trouve conservé que le faisceau vasculaire, quelquefois avec sa gaine de xylème et le phloème, le péricycle et l'endoderme ne se conservant pas, laissant entre le faisceau vasculaire et l'écorce un vide annulaire (pl. IV, fig. 2 et 5). Cependant dans une racine, figurée dans la coupe transversale (pl. IV, fig. 6), tous ces tissus sont conservés, mais il n'est pas possible de fixer les limites de chacun d'eux.

A commencer par le faisceau vasculaire de cette coupe, on compte, en général, sur tous les tissus indiqués jusqu'à 5 rangées de cellules. Au delà de l'endoderme, paraît l'anneau de l'écorce ayant jusqu'à 8 cellules d'épaisseur. Ces cellules sont à parois épaisses et elles sont colorées plus ou moins nettement de brun-fauve. La baie des cellules du côté interne est nulle, mais augmente beaucoup dans la partie périphérique de l'écorce. Dans les coupes des autres racines, cette particularité ne s'observe pas et toutes les cellules de l'écorce sont, plus ou moins, d'une même grandeur. Quelques coupes de racines montrent ce tissu avec des parois cellulaires aussi épaisses, ce qui rend indubitable la dépendance de l'épaisseur des parois cellulaires d'un certain degré de la conservation. Les cellules du bord de l'écorce, cependant, différent de toutes ses autres cellules par ces parois radiales disposées régulièrement selon les rayons et par leur allongement dans la direction radiale. Cette rangée de cellules forme l'endoderme externe. Contre celui-ci se serre à la périphérie une rangée de cellules à parois minces qui représentent le tissu absorbant de la racine, car chacune de ces cellules donne vers l'extérieur un prolongement en forme de long poil (pl. IV, fig. 3). Ce tissu absorbant couvre, comme on le sait, la surface de l'écorce de la racine sur ses parties jeunes et s'atrophie et se dessèche sur les parties plus vieilles ; par conséquent ce tissu à poils ne peut pas être toujours découvert à la périphérie des coupes de racines et la plupart de ces coupes se limitent à l'endoderme externe.

LE GENRE *PROTOPTERIS* PRESL.

ET LES STIPES DE CE GENRE A LA STRUCTURE CONSERVÉE

Par la description du stipe de fougère, étudiée ci-dessus, on voit que les caractères de sa structure coïncident avec les caractères du genre *Protopteris* PRESL., auquel, par conséquent, nous rattachons cette fougère.

La caractéristique de ce genre, si on en exclut la définition des caractères peu essentiels notés par Corda ainsi que ses représentations erronées, se réduit à ceci : le type arborescent est nu ou couvert de racines adventives. L'écorce est couverte de rachis foliaires disposés en spirale. La trace foliaire qui occupe le centre de chaque rachis a, en section, la forme de fer à cheval continu avec ses extrémités plus ou moins recourbées en dedans. Sous le rachis on observe 6-8 cicatrices laissées par des racines adventives qui se rencontrent sur toute la surface du stipe. L'écorce est faite de tissu semblable au tissu de la moelle. Le cylindre vasculaire a en section la forme de l'octogone ou de l'ennéagone avec des angles arrondis. Il est bordé à l'extérieur et à l'intérieur de l'anneau complet ou incomplet de fibres de sclérenchyme. La gaine interne et externe du cylindre vasculaire est étroite et le cylindre lui-même est également étroit avec des rayons médullaires minces ou sans eux et avec de grands vaisseaux hexagonaux scalariformes. Au centre, se trouve la moelle spacieuse de cellules de parenchyme. Corda [1] donne la description de deux fougères de ce genre à structure conservée, savoir *Protopteris Cottai* Corda de l'alluvion de la Saxe (près de Grossenhain) et *Protopteris microrhiza* Corda du grès rouge de Neupak. La caractéristique de la première espèce peut être exprimée ainsi : stipe cylindrique avec des rachis foliaires disposés en spirale conformément à la fraction 4/9. La place d'insertion du rachis ou le coussinet foliaire que l'on voit à la surface du stipe a une forme à peu près ovale, avec des cicatricules bombées au-dessus de la cicatrice foliaire. Sous les coussinets se trouvent les cicatrices des racines adventives disposées régulièrement en séries. La cicatrice foliaire a, en section, l'aspect du fer à cheval trilobé avec des sinus larges, mais courts, entre les lobes et avec des extrémités très peu recourbées en dedans. Le cylindre vasculaire est de forme octogone ou ennéagone avec des angles arrondis. L'anneau mécanique extérieur est disposé loin du cylindre vasculaire en forme de traces disjointes entre l'écorce interne, mais l'anneau mécanique intérieur est continu et se serre contre l'anneau vasculaire. Le phloème avec la gaine vasculaire des deux côtés borde l'anneau vasculaire. Le xylème est brisé, par des rayons médullaires, ramifiés en forme de réseau, en groupes de trachéïdes. La moelle est vaste, construite d'un sèul tissu, semblable au tissu de l'écorce.

Les caractéristiques du *Protopteris microrhiza* Corda, d'après la description de Corda, sont les suivantes : le stipe, d'une belle taille, est couvert d'une couche épaisse de racines ; le cylindre ligneux vide est étroit, dans la section transversale acutangle ; les anneaux mécaniques extérieurs et intérieurs sont étroits, contigus au cylindre vasculaire ; le bois est composé d'éléments scalariformes de section hexagonale sans rayons médullaires.

En 1886, Dr K. Goustav Stenzel a décrit, provenant des marnes crétacés (Turonien) d'Oppeln, une pièce pétrifiée du stipe arborescent d'une fougère qu'il attribua, sous la dénomination spécifique nouvelle de *fibrosa* [2], au genre *Protopteris*. La surface externe de ce stipe porte des coussinets foliaires disposés en spirale (les parties inférieures des rachis foliaires) avec la phyllotaxie en 5/13. La partie supérieure de chaque coussinet montre une trace foliaire qui a, en général, la forme arrondie du fer à cheval, ainsi que la ressemblance avec la trace foliaire du *Protopteris Cottai* Corda. Ce fer à cheval se dessine par ses trois portions : la moyenne dorsale qui a la forme du demi-cercle un peu aplati, dont les bords se recourbent à une courte distance au dehors ; puis deux arcs latéraux courbés en dedans avec des extrémités un peu épaissies et courbées aussi en dedans. Ces extrémités s'approchent l'une

1. A.-J. Corda. Beiträge zur Flora der Vorwelt, Prag, 1845, p. 78-80.

2. K. G. Stenzel. *Rhizodendron oppoliense* Gaeppert, Ergänzugsheft zum 63 Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für Vaterl. Cultur, 1886, p. 18.

de l'autre, si près que la distance entre elles est moins importante que la portion moyenne demi-circulaire, et l'espace enfermé par celle-ci ne forme que 1/3 de la largeur entre les portions latérales du fer à cheval et diffère par cela de la trace foliaire du *Protopteris Cottai* dans laquelle cet espace constitue les 2/3 de sa largeur.

La surface, à l'intérieur du fer à cheval de la trace foliaire, est couverte de points fins, qui correspondent aux cicatrices laissées par les faisceaux sclérenchymateux qui se trouvent dans le tissu fondamental du rachis. Sur les côtés et sur la face dorsale des rachis foliaires ou coussinets, ou quelquefois entre eux, se trouvent des cicatrices arrondies, laissées par des racines adventives, ordinairement 7-11 sur chaque rachis foliaire. La stèle, dans la coupe transversale, a l'aspect pentaradié à cause de l'avancement en dehors des portions des génératrices foliaires qui ont la forme de mailles triangulaires et enferment une moelle épaisse dans laquelle sont dispersés, en grand nombre, de petites taches ou points de faisceaux sclérenchymateux dont la présence a servi de fondement pour la dénomination spécifique du fossile. Des faisceaux sclérenchymateux semblables se trouvent dans le tissu de l'écorce. Ces faisceaux sont de deux genres dans la moelle : ou petits, de forme ronde, à 20 cellules, ayant jusqu'à 0,1 mm. de diamètre, ou grands, ronds, allongés, étirés dans la direction radiale. Le xylème est construit de trachéïdes scalariformes, petites ou grandes, disposées sans aucun ordre, et de cellules parenchymateuses qui forment entre elles des sortes de rayons médullaires. Ces cellules, à parois minces, sont remplies d'un contenu granuleux. Le xylème des deux côtés, à l'intérieur et à l'extérieur, est bordé d'une couche de tissu de 3-4 rangées de cellules que Dr Stenzel considère comme une gaine vasculaire intérieure, contre laquelle se serrent une à deux-trois rangées de cellules en forme de plaques, c'est-à-dire allongées tangentiellement et aplaties radialement, dont Stenzel considère la rangée extrême comme l'endoderme ; par ces cellules, la gaine vasculaire intérieure se sépare de la gaine extérieure qui est composée de 3-4 rangées de cellules quadrangulaires à parois minces qui ressemblent jusqu'à un certain point aux cellules de la moelle. Elles sont ordinairement vides, mais contiennent quelquefois des intercalations de forme arrondie comme dans les cellules de la moelle et que Stenzel considère comme des gouttes d'huile.

Les cellules allongées tangentiellement représentent, selon moi, les sections transversales des tubes grillagés et les cellules contiguës à ces tubes, les cellules-compagnes. Seulement les cellules immédiatement contiguës au xylème représentent le tissu qu'on nomme la gaine ligneuse. L'endoderme est constitué de cellules peu typiques qui, par conséquent, diffèrent très peu des cellules voisines du phloème ; mais pour ce tissu il faut, indubitablement, prendre en considération, non pas les cellules en forme de plaques, comme l'admet Stenzel, mais la couche externe des cellules de la gaine vasculaire extérieure, contiguë aux cellules de la moelle et de l'écorce. Je doute que le contenu des cellules de la moelle et des autres cellules représente des gouttes d'huile pétrifiées. Le protoplasme probablement avec les grains d'amidon qu'il contient a donné pendant la fossilisation le contenu grenu de ces cellules.

Pour le *Protopteris fibrosa*, ce qui paraît caractéristique, c'est l'absence des bandes de sclérenchyme qui accompagnent la dictyostèle du *Protopteris Sewardi*. Elles sont remplacées, sans doute, par beaucoup de petits faisceaux sclérenchymateux au milieu du tissu à parois minces de l'écorce et de la moelle dont nous avons parlé plus haut. Les couches externes de l'écorce ne sont pas bordées d'une couche de cellules sclérenchymateuses, comme c'est le cas chez le *Protopteris microrhiza* et chez le *Rhizodendron oppoliense*. Stenzel a décrit aussi, outre le *Protopteris fibrosa*, les autres formes de fougères à structure conservée qui ressemblent plus ou moins par leur structure au genre *Protopteris*.

Arrêtons-nous d'abord sur le *Rhizodendron oppoliense* Göppert [1] qui provient aussi, comme le *Protopteris fibrosa*, des marnes crétacées d'Oppeln (Turonien, d'après Göppert [2]).

La stèle du stipe a la forme du pentagone qui s'interrompt sur trois coins. Ces coins correspondent à des portions des génératrices foliaires et les interruptions à des brèches foliaires ; en face d'une pareille brèche, dans l'écorce interne, sont disposés, l'un près de l'autre, deux petits faisceaux ronds filiformes, dans lesquels il faut voir des faisceaux de la trace foliaire. La stèle contient une épaisse moelle, constituée de cellules à parois solides, mais minces, d'un diamètre égal à celui des trachéïdes moyennes et grandes du xylème. Dans la moelle sont répartis, avec une certaine régularité, des vides arrondis, correspondant aux réceptacles de mucilage et de résine, comme cela se fait remarquer dans des fougères contemporaines. Le tissu vasculaire est disposé en forme d'anneau étroit, composé de trachéïdes petites et grandes, placées les unes près des autres sans régularité aucune et entre lesquelles sont situées des cellules de parenchyme à parois minces. Le phloème des deux côtés de l'anneau vasculaire est composé de cellules à parois minces qui correspondent aux tubes criblés et aux cellules-compagnes des fougères contemporaines. L'écorce interne, épaisse autour de la stèle, est composée de cellules semblables aux cellules de la moelle et contient aussi des cellules de mucilage et de résine. Elle est entourée d'une couche de cellules de l'écorce externe sclérenchymateuses. Du côté intérieur, elles sont, pour la plupart, à parois épaisses, mais vers la périphérie l'épaisseur des parois cellulaires diminue et, à la périphérie même, elles sont remplacées par de grandes cellules polygonales à parois minces de parenchyme et forment le tissu qu'on doit nommer le parenchyme de l'écorce externe. Près de la surface même, à la place de ces grandes cellules, se trouvent plusieurs séries de petites cellules à parois minces qui ont le caractère des plaques. Le contour de l'écorce externe sclérenchymateuse répète, en général, la configuration de la stèle avec des saillies en face des sorties des traces foliaires. Immédiatement contre cette écorce se serre l'épaisse couche des racines adventives qui embrassent le stipe de la fougère. L'échantillon laisse voir sur sa surface cette protection radiculaire sans traces foliaires et, par conséquent, on ne peut juger du caractère de ces dernières que par des portions qu'on trouve dans l'écorce interne. Dans cette zone radiculaire ont été découverts deux petits jets qui ont la stèle en forme de tube continu (siphonostèle). Les racines contiennent au centre le faisceau vasculaire diarque dont les trachéïdes scalariformes laissent voir des vides en forme de fente à la place de la lamelle fondamentale (moyenne) de la paroi cellulaire ; cependant cette lamelle est conservée aux coins. Les petites trachéïdes ont des parois cellulaires ponctuées et même dans les grandes trachéïdes, qui se serrent contre les petites sur les parois contiguës, les épaississements scalariformes sont disposées en plusieurs rangées ; ses fentes prennent l'aspect de trous ou de ponctuations. L'endoderme externe des racines est revêtu d'une couche épaisse de cellules d'absorption à parois minces, séparées de l'extérieur par l'épiderme.

Stenzel place le *Rhizodendron oppoliense* dans le genre *Caulopteris*. Outre cette fougère il place dans ce genre le stipe pétrifié d'une fougère du diluvium de Kamentz dans la Saxe (probablement de dépôts permiens) attribué par Morgenroth au *Protopteris microrhiza* Corda ; il en fait la description sous le nom *Caulopteris arborescens*. La stèle de cette fougère a l'aspect étoilé à cause des portions, très saillantes en dehors, des génératrices foliaires qui ont la forme des doigts avec rupture de sa continuité à la cime. L'anneau vasculaire de la

1. Stenzel, *loc. cit.*, p. 5.

2. Goeppert. *Neues Jahrbuch fur Mineralogie, Geologie und Paleontologie* gegründ. von K. C. v. Leonhard u. H. G. Bronn. u. fortgesetzt v. G. Leonhard u. H. B. Geinitz, 1865, S. 397. Über das Vorkommen von Baumfarn in der fossilen Flora, insbesondere in der Kreideformation.

stèle, étroit, est bordé des deux côtés par le phloème ; il embrasse la moelle épaisse. A l'avis de Stenzel, les saillies, en forme de doigts, atteignent une longueur égale au diamètre de cette moelle. Le tissu sclérenchymateux, absent dans le voisinage de la stèle, est rejeté vers la périphérie même du stipe en forme de zone étroite embrassant l'écorce interne et s'interrompant en face des sorties des traces foliaires. Les traces foliaires, vues par endroits au delà de l'écorce sclérenchymateuse dans la coupe transversale du stipe, ont la forme arrondie de fer à cheval à longues extrémités recourbées en dedans ; elles représentent non pas un tube continu en forme de fer à cheval, mais un tube brisé en une série de petits faisceaux arrondis. Les cicatrices foliaires sur la surface du stipe, privée de la protection radiculaire, ont, probablement, la forme ovale et atteignaient jusqu'à 1 cm. de largeur et 1,5 cm. de hauteur ; elles se trouvent dans les enfoncements du stipe. La protection radiculaire, immédiatement contiguë à la couche de l'écorce qui se serre de l'extérieur contre l'écorce sclérenchymateuse, atteint 1,5 à 2,5 cm. d'épaisseur. La grande masse de l'anneau vasculaire est constituée par de grandes trachéïdes ainsi que par de plus petites, scalariformes, accompagnées de cellules de parenchyme. Le phloème à petites cellules est mal conservé et il est impossible de distinguer l'endoderme typique. Au surplus, contre les bandes du phloème, interne et externe, se serre une série de cellules, neuf fois plus longues que larges et hautes, qui ressemblent à un certain degré, d'après Stenzel, au tissu sclérenchymateux de l'écorce externe. Ces cellules dans la coupe transversale du stipe ont l'aspect de poutres disposées en sens de leur longueur, verticalement à la surface du tissu du phloème. Leur paroi cellulaire est solide, mais épaisse, comme c'est le cas dans le sclérérenchyme. Dans ces cellules merveilleuses, Stenzel voit l'endoderme, c'est-à-dire la gaine du cylindre vasculaire comparée par lui à la gaine protectrice de la surface interne du cylindre vasculaire du *Protopteris Cottai* Corda [1], composé de cellules pareilles. Ces deux fougères décrites ci-dessus, étudiées par Stenzel, très proches du genre *Protopteris*, s'en distinguent par leurs traces foliaires, qui n'ont pas le caractère de tube continu en forme de fer à cheval, mais se composent d'une série de faisceaux vasculaires séparés, disposés en des sections en forme de fer à cheval. Par ce caractère, elles se rapprochent beaucoup des traces foliaires des Cyathéacées contemporaines du genre *Cyathea* par exemple et représentent, indubitablement, des formes plus avancées dans l'évolution que les espèces du *Protopteris*.

Comme je l'ai déjà mentionné, le *Rhizodendron oppoliense* et la fougère à dénomination spécifique *arborescens* se rapportent, d'après Stenzel, au genre *Caulopteris*. A présent, le nom *Caulopteris* est appliqué dans la Paléobotanique descriptive aux empreintes de la surface externe des fougères fossiles sur laquelle, dans les cicatrices foliaires de grande dimension et de forme ovale, disposées selon des orthostiques rapprochés, se trouvent des traces foliaires qui ont la forme d'un fer à cheval ovale, d'une ligne continue, aux extrémités recourbées en dedans dans sa partie supérieure ou, plus souvent, d'un ovale fermé, dans l'intérieur duquel, près de l'extrémité supérieure d'un grand arc de la trace, se trouve une cicatrice d'une trace séparée en forme de V renversé. Dans ce dernier cas, cette partie supérieure extraordinaire de la trace foliaire est formée par la fusion des deux extrémités recourbées de la trace en forme de fer à cheval. Entre les traces foliaires, l'écorce est couverte de cicatrices ou fossettes arrondies (voir R. Zeiller, *Éléments de paléobotanique*, p. 120). Ainsi le genre *Caulopteris* possède une trace foliaire tout à fait différente, dissemblable de celles qui se rencontrent dans les restes pétrifiés, nommés de ce nom générique par Stenzel. Cette circonstance nous oblige à créer pour le *Caulopteris* (*Rhizodendron*) *oppoliense* Goeppert et *Caulopteris arborescens* Stenzel un nouveau genre que je propose de nommer *Stenzeliella*. Il est caractérisé par une stèle de structure semblable à celle du genre *Protopteris*, mais il

1. Corda. Beiträge zur Flora der Vorwelt, S. 79, Taf. 49, fig. 6, 7 c.

possède une trace foliaire, non pas en forme de fer à cheval continu, mais en forme de fer à cheval constitué d'une série de faisceaux vasculaires séparés, liés, probablement, par un endoderme général.

En 1894, le professeur A. C. Seward [1] donna la description d'un échantillon calcifié du *Protopteris* provenant de couches wealdiennes d'Angleterre et attribué par lui au *Protopteris Witteana* Schenk, espèce fondée seulement sur le relief de la surface extérieure du stipe. La structure du stipe de cet échantillon anglais n'est conservée que partiellement. La stèle, comme le stipe même, est un peu aplatie. Il montre 3-4 portions de génératrices foliaires qui s'avancent au dehors avec rupture de la continuité du tissu vasculaire-libérien sur les sommets de ces saillies (dictyostèle). La trace foliaire a une forme de fer à cheval arrondi, en haut, avec des extrémités recourbées en dedans et avec de petites dépressions sur les côtés. Le stipe, ainsi que les rachis dans leur partie périphérique, ont l'anneau sclérenchymateux extérieur. L'anneau sclérenchymateux intérieur manque. Sur la structure de la moelle, on ne trouve aucune indication dans la description ; elle n'était probablement pas conservée. L'anneau vasculaire est constitué de trachéïdes scalariformes et de cellules de parenchyme entre les trachéïdes. Le phloème n'était pas conservé, mais sa limite avec l'écorce est indiquée par une ligne brune, probablement la ligne des cellules de l'endoderme.

LES DISTINCTIONS DU *PROTOPTERIS SEWARDI* DES ESPÈCES INDIQUÉES DU *PROTOPTERIS* A STRUCTURE CONSERVÉE

Des caractéristiques des espèces du *Protopteris* indiquées plus haut, on voit que les distinctions du stipe de la fougère que nous avons décrite sous le nom de *P. Sewardi* consistent en ceci : l'épaisse moelle du *Protopteris Sewardi* est composée de deux genres de tissu, l'un à parois minces un peu prosenchymateux où sont dispersés des nids d'un tissu à parois épaisses (sclérenchyme). Or, apparemment une telle structure de la moelle avait place chez *P. microrhiza*, car à la pl. I, fig. 1 du livre de Corda, qui montre la section longitudinale de la stèle, on voit clairement dans la moelle de petites taches plus sombres qui correspondent, par la ressemblance de cette coupe à des coupes semblables de notre espèce (pl. I, fig, 5), probablement aux nids du tissu sclérenchymateux. L'anneau sclérenchymateux extérieur, qui embrasse la dictyostèle, est continu et non pas brisé en portions séparées en forme de taches, comme c'est le cas dans *P. Cottai*, et apparemment plus large que dans *P. microrhiza*, où il est également continu, comme chez *P. Sewardi*. La phyllotaxie chez *Protopteris Sewardi* est différente de *P. Cottai*. Dans le premier elle est subordonnée à la fraction 3/8, dans le second 7/9. Le stipe du *P. Sewardi* est couvert par une couche assez épaisse de racines (30 mm.), ce qu'on n'observe pas chez *P. Cottai* ; mais c'est aussi le cas chez *P. microrhiza* avec la seule différence que chez ce dernier l'épaisseur de cette protection radiculaire est encore plus forte (33 mm.) que pour *P. Sewardi*. Le pseudotissu absorbant formé de poils, qui embrasse les racines de la protection radiculaire chez le *P. Sewardi*, se montre comme indice distinctif des espèces déjà nommées, car pour le *P. Cottai* un tel pseudotissu est inconnu et pour *P. microrhiza* il est resté non décrit à cause de sa mauvaise

1. A. C. Seward. *Catalogue of the Mesozoic plants in the department of Geology, British Museum.* The Wealden Flora, part I. Thallophyta, Pteridophyta, p. 73, pl. XI.

conservation. Le rachis foliaire est en section de forme étroite-ovale, avec de faibles dépressions aux côtés. Chez le *Protopteris Cottai* il est de forme large-ovale, presque sans dépressions aux côtés. Chez le *Protopteris punctata* Presl. (= *P. Sternbergi* Corda [1]), espèce connue seulement par ses caractères extérieurs, il est de forme ovale arrondie avec des bords latéraux déprimés en bas. La trace foliaire du *P. Sewardi* a la forme d'un fer à cheval trilobé avec des extrémités recourbées en dedans et avec des saillies pointues aux côtés des lobes du sommet (proximales) avec des sinus latéraux clairs. Chez le *Protopteris Cottai* la trace foliaire a l'aspect d'un fer à cheval trilobé avec des lobes arrondies et avec des extrémités très peu recourbées en dedans et avec des sinus faiblement accusés. Les traces foliaires du *Protopteris punctata* Presl. se rapprochent davantage par leur forme de la trace foliaire du *P. Sewardi*, mais tous ses lobes ont des coins arrondis. La dictyostèle du *Protopteris Sewardi* dans la coupe transversale est caractérisée par d'étroites mailles, ayant une petite carrelure près de leur base (portions des génératrices foliaires) et d'étroits et profonds sinus entre eux, tandis que les portions des génératrices foliaires du *Protopteris Cottai* sont larges, s'élargissent vers leur base et sont séparées par de larges sinus peu profonds. Les rayons dans le xylème du *P. Sewardi* ont le caractère de petites îles entre des trachéïdes tandis que ceux du *P. Cottai* ont l'aspect plus ou moins sinueux dans toute la largeur du xylème. Chez *P. microrhiza* des rayons semblables manquent totalement. Outre cela les traces foliaires du *Protopteris Sewardi* quittent la dictyostèle sous un angle plus largement ouvert que celui de *P. Cottai*; on le voit déjà sur les sommets des mailles de la dictyostèle du *P. Sewardi*, où les éléments du xylème se présentent coupés obliquement, tandis que ces éléments chez *P. Cottai* sont coupés aux mêmes endroits transversalement et l'anneau vasculaire de ce dernier n'est qu'un peu plus étroit que dans le sinus de la dictyostèle. Toutes ces distinctions du *Protopteris Sewardi* de *Protopteris Cottai* et, d'autant plus, de *P. microrhiza* font nettement voir que nous avons réellement dans la fougère undorskienne un représentant du genre, différent de ceux mentionnés plus haut, quoique rappelant de très près par sa structure les échantillons décrits du genre *Protopteris* à structure conservée.

Si nous comparons le *Protopteris Sewardi* au *Protopteris fibrosa* Stenzel, la forme identique de la stèle des deux espèces nous sautera aux yeux, à cette différence près que les saillies qui correspondent aux portions des génératrices foliaires du *Protopteris Sewardi* ont à leur base une carrelure tandis que chez *Protopteris fibrosa* elles en sont ordinairement dépourvues, quoiqu'elle soit exprimée par une saillie dans la partie droite du dessin de Stenzel (*Rhizodendron oppoliense* Göppert [2]). Cependant la stèle du *Protopteris fibrosa* n'est pas accompagnée des anneaux sclérenchymateux intérieur et extérieur qui sont présents chez le *Protopteris Sewardi*. Les faisceaux sclérenchymateux dans la moelle du *Protopteris fibrosa* sont petits, tandis que dans *Protopteris Sewardi* ils prennent, dans la coupe transversale, l'aspect de grands nids de forme bizarre. Dans l'écorce interne du *Protopteris Sewardi* il n'y a pas

1. Corda. Beiträge zur Flora der Vorwelt, Prag, 1845, p. 77, pl. XLVIII, fig. 1 et (*Protopteris punctata* Sternb.). Seward. Fossil plants, vol. II, p. 373, fig. 277.

2. Ergänzungsheft zum 63 *Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für Vaterl. Cultur*, 1886, Taf. III, fig. 30.

les faisceaux sclérenchymateux qui se trouvent chez le *Protopteris fibrosa*. Dans l'écorce externe du *P. fibrosa* il n'y a pas le tissu sclérenchymateux en forme d'anneau périphérique qui limite l'écorce du *Protopteris Sewardi*. Chez *Protopteris fibrosa*, la protection radiculaire est absente aussi, alors qu'elle est présente, comme nous l'avons vu, chez *Protopteris Sewardi*. La forme de la trace foliaire des deux espèces est différente et on n'en remarque pas le contour festonné chez *Protopteris fibrosa*, au moins l'investigation de Stenzel n'en parle pas. Le contour festonné de la trace foliaire de *Protopteris Sewardi* paraît caractéristique. Certainement on peut trouver une certaine ressemblance dans la structure du *Protopteris Sewardi* avec le stipe du *Rhizodendron oppoliense* Goeppert et du *Caulopteris arborescens* Stenzel, mais nous n'établirons pas cette comparaison, qui paraît évidente, si l'on tient compte de la description du *Protopteris Sewardi* ainsi que de celle de ces deux espèces. Nous dirons que la principale différence entre ces deux fougères et *Protopteris Sewardi* ainsi que tous les autres représentants du genre *Protopteris*, c'est la diversité dans le caractère de la trace foliaire, qui n'apparaît pas sous la forme d'une bande continue du tissu libéroligneux, courbée en forme de fer à cheval, mais se trouve brisée en une série des petits faisceaux séparés, disposés aussi, autant que l'on a réussi à l'établir pour le *Caulopteris arborescens* au moins, en forme de fer à cheval avec de longues extrémités recourbées en dedans. Cette différence elle-même nous force à considérer ces fougères comme appartenant à un genre indépendant que j'ai nommé *Stenzeliella*. La comparaison de la structure du stipe du *Protopteris Sewardi* avec la structure de celui du *Protopteris Witteana* Schenk (laquelle en a été étudiée sur l'échantillon anglais par le professeur A. C. Seward) montre la différence dans le caractère de la dictyostèle même, dans la forme de la trace foliaire et dans la distribution du tissu mécanique. Le *Protopteris Witteana* Schenk n'a pas dans sa dictyostèle l'anneau sclérenchymateux intérieur qui est présent chez le *Protopteris Sewardi* et il n'y a pas, apparemment, de groupes d'éléments mécaniques dans la moelle, comme c'est le cas chez le *Protopteris Sewardi*.

LES RELATIONS PARENTES DES FOUGÈRES DU GENRE *PROTOPTERIS*

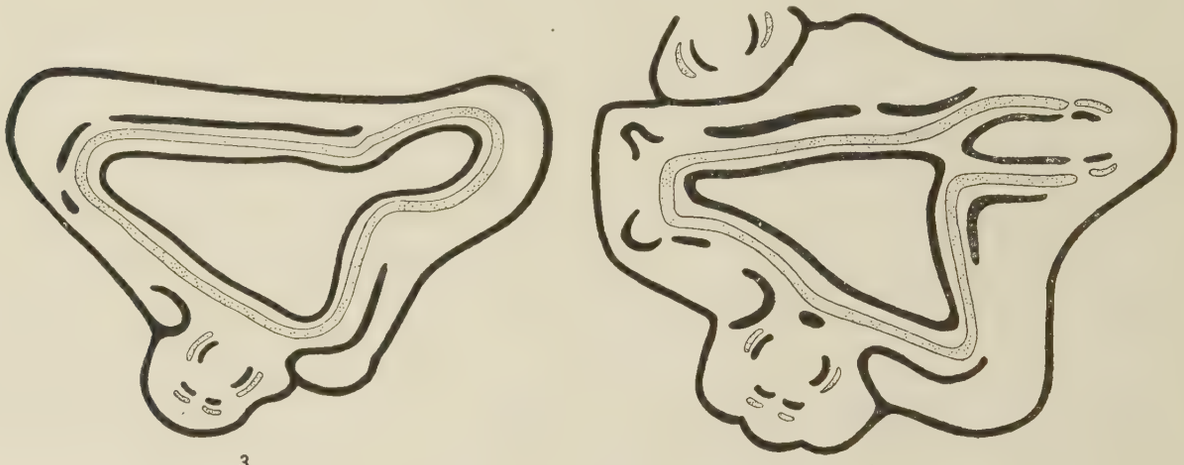
Les fougères fossiles rattachées au genre *Protopteris*, comme cela fut démontré pour la première fois par M. Corda, ont, d'après leur structure, une grande ressemblance avec les représentants contemporains de la famille des Cyathéacées et, par conséquent, l'on rattache ces fougères fossiles à cette famille. Ci-dessous nous ferons la comparaison de la structure du *Protopteris* avec celle de quelques représentants de la famille des Cyathéacées que j'ai étudiée, en dehors des sources littéraires, dans le but de pouvoir entreprendre cette étude comparative, sur les échantillons du *Dicksonia antarctica* Labell., du *Cyathea mexicana* Cham. et Schlechtend. et, partiellement, du *Cibotium Schiedei* Schlechtend. et Chamisso que j'ai reçus des serres du Jardin Botanique principal de Russie [1]. A présent passons à l'étude de l'anatomie du

1. J'ai reçu ces échantillons grâce à l'amabilité du directeur du Jardin Botanique principal, M. B. L Isatchenko, et du botaniste principal du jardin, M. V. L. Komarov. Je les en remercie sincèrement.

stipe du *Dicksonia antarctica* Labell. Comme cette anatomie, ainsi que celle d'une autre espèce étudiée par nous, *Cyathea mexicana* Cham. et Schlechtend., n'est citée nulle part, à notre connaissance, avec des détails suffisants, intéressants pour le paléobotaniste, je l'expose ici avec les mêmes détails que ceux que l'on donne ordinairement pour les formes fossiles.

Dicksonia antarctica Labell.

J'ai pu étudier la structure du stipe du *Dicksonia antarctica* Labell. sur un petit jet latéral du stipe, assis sur le grand stipe épais. Ces jets se développent quelquefois sur les vieux exemplaires de cette fougère et leur développement vigoureux donne à ces exemplaires le caractère rameux. La pousse étudiée avait 15 cm. de longueur et 5 cm. d'épaisseur. La coupe transversale, exécutée à une distance de près de 5 cm. de la base, a montré le stipe, en forme de triangle de près de 15 mm. de hauteur, entouré d'une épaisse protection radiculaire, atteignant jusqu'à 2 cm. d'épaisseur, ce qui arrondit la pousse. La stèle répète le contour triangulaire de l'écorce externe et ses coins arrondis correspondent aux endroits, où prennent naissance des traces foliaires. Les sections, faites dans une partie provenant de la même pousse, nous ont persuadé que cette structure de la stèle s'était conservée dans toute son étendue. Lorsque la trace foliaire y prend naissance, le coin de la stèle devient très saillant au dehors et s'émousse. Ses côtes, à une certaine distance du sommet du coin, donnent une carrelure (fig. 3 dans le texte), laquelle, en augmentant vers la fin, détache de la stèle une



3 4

Fig. 3-4. — Schèmes des coupes transversales d'un stipe de *Dicksonia antarctica*.

maille de la forme d'un triangle isocèle dont la base est tournée au dehors et le coin du sommet vers la stèle. Une maille semblable triangulaire s'ouvre près des coins de la base (fig. 4 dans le texte). Les côtes de la maille sur un niveau supérieur se transforment en deux arcs dirigés parallèlement l'un à l'autre, suivant les rayons du stipe par la concavité en dédans et la plaque basilaire, se divisent en deux parties, donnant deux petits arcs ou plaques courtes dans la partie distale de la trace foliaire naissante. Ainsi la trace foliaire est divisée, à son commencement même, en 4 arcs, dont deux grands et deux petits. La stèle triangulaire de l'intérieur est accompagnée à une certaine distance, le long de son contour, par l'anneau, également en forme de triangle, des éléments sclérenchymateux, duquel se détachent là, où sort la trace foliaire, deux grands arcs, contigus à l'intérieur aux grands arcs vasculaires de la

trace foliaire et deux petits arcs (ou plaques) contigus à l'intérieur aux deux arcs vasculaires courts dans la partie distale du rachis foliaire. A l'extérieur la stèle, à une certaine distance de sa périphérie, est accompagnée, en forme d'îlots séparés, rubanés, par l'anneau extérieur des éléments sclérenchymateux qui envoie ses ramifications vers la trace foliaire qu'elles accompagnent dans le stipe, en se séparant du premier par une masse épaisse de tissu fondamental.

Ainsi ces arcs sclérenchymateux externes ne se rapprochent pas de la trace foliaire et s'en écartent vers la périphérie des rachis, vers la limite externe de son écorce externe ; ils se distinguent des éléments de cette dernière par leur couleur jaune-claire. La partie centrale de la stèle, jusqu'à l'anneau mécanique interne, ainsi qu'immédiatement après lui jusqu'à la limite intérieure de l'anneau libéroligneux et aussi à l'extérieur de ce dernier (dans les intervalles entre les îlots de l'anneau mécanique extérieur et la suite de ce dernier jusqu'à la limite de l'écorce externe) est occupée par le tissu parenchymateux. Dans ce tissu sont dispersés des groupes de cellules mucilagineuses avec un contenu jaune-clair et des cellules séparées ou en groupes avec un contenu jaune également, quoique plus foncé. Ces dernières cellules représentent, probablement, les cellules résineuses (glandes).

La stèle, dans la coupe transversale, représente un étroit anneau de xylème formé de trachéïdes et de fibres primitives, bordé du côté intérieur, ainsi que du côté extérieur, par d'étroits anneaux d'éléments du phloème (pl. VI, fig. 1 et 2). Dans le xylème ne se distinguent que des trachéïdes scalariformes ; le protoxylème en est absent et, par conséquent, on n'observe pas les pôles de développement du xylème. Cependant, le diamètre des trachéïdes scalariformes, gros dans la partie centrale de l'anneau de xylème, diminue un peu vers la périphérie. La section transversale des trachéïdes est polygonale, ordinairement pentagonale. Leurs parois sont privées sur une certaine étendue de lamelle moyenne et on observe à sa place des vides en forme de fentes, comme c'est le cas dans les trachéïdes d'Osmundacées. Entre les trachéïdes sont dispersées par groupes (2-3 et même plus de cellules par groupe) des cellules vivantes, allongées, étroites, dans lesquelles il faut voir des fibres primitives. Quelquefois elles forment une série de 8-9 cellules qui s'étend à travers l'anneau de xylème et ces séries ressemblent aux rayons médullaires, quoiqu'elles s'en distinguent essentiellement par leur origine et leur caractère. Dans la largeur de l'anneau du xylème on compte jusqu'à neuf éléments de bois. Pour plusieurs trachéïdes la présence, dans quelques-unes, du contenu grenu est caractéristique ; ce contenu se manifeste nettement dans la section longitudinale, ainsi que dans la transversale des trachéïdes. Apparemment ce sont les cellules remplissantes ou tylles qui bouchent partiellement les cavités des trachéïdes en faisant croître ce contenu plasmatique des fibres primitives dans les trachéïdes. Contre l'anneau du xylème s'appliquent immédiatement de ses deux côtés une ou deux rangées de cellules vivantes à parois minces, identiques par leur forme et leur contenu aux fibres primitives qui se rencontrent entre les trachéïdes. C'est une gaîne de bois. Immédiatement contre cette gaîne se serre une rangée de cellules plus larges et vides, dans lesquelles, selon leur position et leur grandeur plus considérable, il faut voir les tubes criblés (pl. VI, fig. 1 t. c.). A la suite de ces tubes criblés, immédiatement contre eux, se serrent 3-4 rangées de cellules allongées et étroites, à parois minces, étirées tangentiellement. Dans ces cellules il faut voir les cellules-compagnes, orientées dans le sens de la longueur, non pas le long des tubes criblés, comme c'est le cas ordinairement, mais à travers. A la suite de ces cellules-compagnes, étirées tangentiellement, viennent une ou deux rangées de cellules à parois minces plus larges et, par conséquent, plus courtes que les premières et assez souvent étirées tangentiellement au stipe. Dans ces cellules je vois des éléments du protophloème et les cellules de la gaîne libérienne, contre laquelle se serre une rangée de cellules qui constituent l'endoderme.

Je ne peux pas, cependant, distinguer cette dernière des cellules de la gaîne libérienne. Quant à sa position elle est nettement déterminée par les grosses cellules du tissu fondamental parenchymateux qui y sont contiguës, duquel ses cellules sont faciles à distinguer. Dans la coupe verticale, à travers la stèle, on voit nettement les parois longitudinales des trachéïdes avec leurs épaississements scalariformes et entre elles les cellules allongées des fibres primitives, remplies d'un contenu plasmatique (pl. VI, fig. 2). Telles sont aussi des cellules de la gaine du xylème, la rangée des cellules longues criblées, dans lesquelles j'ai cru discerner parfois des rangées de plaques criblées et plusieurs rangées de petites cellules, des sections transverses de cellules-compagnes, qui étant deux fois plus hautes que larges s'y font remarquer. Contre elles se serrent des cellules plus grosses, dont quelques-unes paraissent étirées en longueur parallèlement aux trachéïdes, les autres au contraire sont étirées tangentiellement au stipe. Les cellules extrêmes, dans lesquelles il faut voir des cellules d'endoderme, ainsi que deux-trois rangées de cellules qui les précèdent, sont ici trois fois plus hautes que larges. L'étirage indiqué des éléments du phloème outre les tubes criblés, tangentiellement au stipe, c'est-à-dire transversalement à l'allongement des trachéïdes est également caractéristique dans la stèle de l'autre représentant étudié des Cyathéacées — le *Cyathea mexicana* (pl. VI, fig. 4). Ce caractère paraît être une distinction essentielle de leur phloème de celui du *Protopteris*, où tous ces éléments, comme nous l'avons vu, sont étirés dans le sens de la longueur des trachéïdes, c'est-à-dire tout à fait normalement. Quant au parenchyme, il faut dire que ses cellules à parois minces sont arrondies, étant de dimension considérable, trois fois plus grosses que les cellules de l'endoderme, et contiennent des grains d'amidon. Les cellules de mucilage sont ordinairement disposées dans ce tissu par groupes formés de quelques cellules ; elles ont la paroi mince et une grande taille, surpassant 3-4 fois et même plus en volume la cellule du tissu fondamental. Leur forme est ovale, arrondie sur les deux coupes et leur cavité est remplie de mucilage jaune-clair. Les méats résineux représentent des lacunes intercellulaires ou bien des cavités laissées par la destruction de groupes de cellules du tissu fondamental, remplies de résine de couleur orange, par conséquent la masse de résine n'a pas de contours exactement déterminés. La couleur de la résine est plus foncée que la mucosité jaune des cellules du mucilage et ces dernières ne peuvent pas être confondues avec les méats résineux. Les cellules du tissu mécanique ont le caractère des fibres sclérenchymateuses : elles ont la forme en fuseau, la paroi épaisse, percée de canaux, visibles dans les deux coupes, transversale et longitudinale, du tissu.

Quant à l'écorce externe, le caractère de ses cellules ne se distingue pas des fibres sclérenchymateuses des anneaux mécaniques qui suivent le cylindre vasculaire, si ce n'est par la coloration de ses cellules d'un jaune-brun plus net. L'épiderme, qui couvre l'écorce externe, a des cellules à parois un peu plus minces et est coloré en jaune-clair. C'est dans une rangée de cellules de ce tissu que naissent les poils simples et touffus qui couvrent la surface du stipe et des rachis foliaires près de leur base. Ces poils se composent d'une rangée de cellules étroites, étirées dans le sens de la longueur du poil, à cloisons transversales festonnées.

Quant à la trace foliaire du rachis, son aspect se modifie jusqu'à un certain degré selon la région. Près de la base du rachis, où il est encore couvert de poils, sa forme est celle d'un fer à cheval non continu, mais composé de pièces angulées, une distale et deux proximales avec des embranchements dirigés en dedans, comme le montre la figure 5, pl. V. La trace foliaire conserve ce caractère à une certaine distance, mais plus loin, à la distance de 75 mm. de la première coupe, elle prend déjà le caractère d'un fer à cheval continu aux embranchements pareils aux premières dirigés en dedans, comme auparavant. Chaque pièce angulée vasculaire du fer à cheval composé ou du fer à cheval entier est constituée d'une série de

divergents réunis par les ailes ; les coins de ces divergents sont occupés par le protoxylème endarque. L'anneau vasculaire a le contour festonné nettement tracé, des parties saillantes au dedans entre des pôles du protoxylème aussi saillants et dirigés au dehors. Comme les saillies elles-mêmes, les intervalles entre elles sont construites de trachéïdes, disposées en une série augmentant graduellement les dimensions des sommets des pôles (pl. V, fig. 6). Le phloème se serre des deux côtés contre le xylème, se séparant l'un de l'autre par une rangée de cellules allongées de la gaîne du xylème, disposées en face des pôles de la côte interne de la trace en groupes d'environ 10 cellules chacun. Le phloème est composé de cellules vides à côté de cellules à contenu, semblables aux cellules de la gaîne de xylème. Les cellules vides sont les tubes criblés [1].

Ainsi on n'observe pas dans la trace foliaire, ni dans les éléments du phloème, leur orientation singulière, transversale à la direction des trachéïdes, que nous avons mentionnée pour la stèle du stipe. Ici tous les éléments du phloème sont orientés dans le sens de sa longueur, normalement, c'est-à-dire parallèlement aux trachéïdes. Le phloème est limité à l'extérieur par deux-trois rangées de cellules de la gaîne libérienne et enfin par une série des cellules d'endoderme, colorées en jaune.

Du côté intérieur de la trace foliaire, immédiatement contre l'endoderme, se serrent des cellules de sclérenchyme, disposées en groupes, formant quelquefois des bandes étroites de tissu étiré le long de la trace foliaire. Dans le tissu fondamental du rachis construit de parenchyme, sont disposées, le long de la trace foliaire sur sa côte intérieure, une à une, des cellules de mucilage avec un contenu jaune clair.

Le tissu parenchymateux fondamental du rachis à sa périphérie épaissit graduellement la paroi cellulaire et passe dans le tissu à cellules plus petites et à parois épaisses de l'écorce externe, dont les cellules ont le caractère de fibres sclérenchymateuses. L'écorce externe est couverte d'un épiderme unisérié, coloré en brun. Dans quelques régions du rachis, comme nous l'avons déjà dit, l'épiderme fait naître des poils simples, multicellulaires. Les cellules extrêmes de l'écorce externe, du côté de l'écorce interne ou du tissu fondamental, sont colorées un peu plus en jaune que les cellules plus périphériques ; il faut y voir le résultat du fait que ces cellules partent de l'anneau mécanique externe de la stèle. Les cellules de mucilage sont disposées isolément, par-ci par-là, dans l'écorce interne du rachis. Quant au rachis de la penne primaire, sa forme, en section, a l'aspect d'un trapèze, avec deux découpures aux côtés dans sa côte supérieure, et la trace foliaire a la forme du fer à cheval ressemblant à la lettre V avec des embranchements de leurs deux extrémités avec la courbure de ces embranchements en dedans.

Il nous reste à parler encore de la structure des racines. Les racines commencent à paraître de telles régions de la dictyostèle qui se préparent à détacher une maille pour la formation de la trace foliaire. Le faisceau vasculaire, se détachant de la dictyostèle sous l'angle ouvert, est entouré de l'anneau mécanique large et composé d'éléments prosenchymateux à parois épaisses ; il est à son tour entouré de l'enveloppe protectrice deux fois plus épaisse des cellules de l'écorce à parois minces, dont les plus superficielles font naître sur une certaine étendue de la racine les poils radiculaires qui ne représentent que la cellule fortement étirée. Le faisceau vasculaire de la racine est bipolaire avec des trachéïdes relativement petites au centre, au nombre de six environ. Le phloème vient après en petits groupes aux côtés du faisceau vasculaire. Tout le faisceau vasculaire est entouré de

1. Pour l'étude plus détaillée de la structure de la trace foliaire du *Dicksonia antarctica*, nous renvoyons le lecteur au livre classique de Ch. Eug. Bertrand et Cornaille indiqué plus haut, où, p. 46-51, est donnée la description détaillée de cette structure.

trois rangées de cellules à parois minces dont la série extrême extérieure constitue l'endoderme (pl. V, fig. 7 ; pl. VI, fig. 3.).

Cyathea mexicana Cham. et Schlechtend.

Passons à présent à l'examen de la structure du *Cyathea mexicana* comme nous la démontre notre étude d'un petit stipe de cette fougère de 30 cm. environ de hauteur et 3, 5 cm. au diamètre. Le stipe est couvert des bases des rachis foliaires à poils drus et à quelques épines ; entre les rachis il est couvert par des racines adventives peu nombreuses, ramifiées et assez épaisses. Les coupes transversales dans la partie inférieure du stipe, qui a ordinairement la forme trigone, avec les coins arrondis et les côtes convexes, ont montré la dictyostèle radiale, polycyclique, avec la moelle copieusement développée. La dictyostèle est cassée en deux, parfois en trois méristèles qui ont l'aspect de bandes arquées avec les extrémités recourbées au dehors et revêtues des deux côtés, intérieur et extérieur, par des bandes étroites de tissu sclérenchymateux coloré en brun (voir fig. 5, 6 et 7 dans le texte).

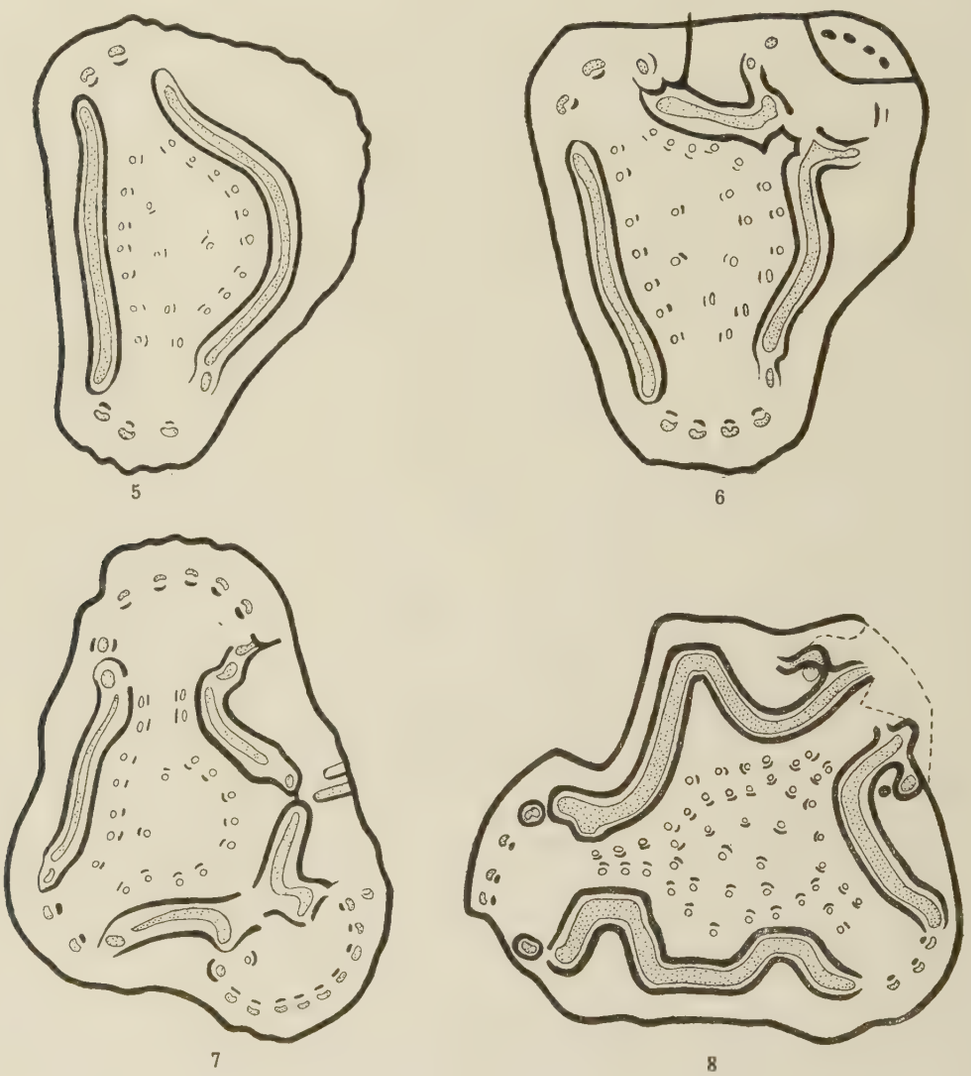


Fig. 5-8. — Schèmes des coupes transversales d'un stipe de *Cyathea mexicana*.

Dans la coupe exécutée près du sommet du stipe, ces trois méristèles ont pris un aspect plus bizarre à cause de la formation à leur extension de saillies au dehors en forme de mailles (fig. 8 dans le texte). Les endroits où s'interrompt la dictyostèle correspondent aux régions de sortie de trois traces foliaires. De ces saillies de la dictyostèle en forme de mailles, on n'en observe que deux et elles représentent les commencements de la trace foliaire ; il en résulte que la phyllotaxie chez cette fougère était subordonnée à la fraction 2/5. Les extrémités tournées au dehors des méristèles indiquent la brèche foliaire naturelle qui se formait dans cette région de la dictyostèle à cause de ce que sa portion, qui correspondait à un niveau inférieur, était employée à la formation de la trace foliaire qui se brise tout d'un coup en faisceaux séparés, disposés en forme d'arc fortement concave en dedans. Par conséquent, la trace foliaire à la base du rachis se présente déjà brisée en masse (quelquefois jusqu'à 24) de faisceaux uniformes, disposés ordinairement en forme d'huit, un peu étiré dans le sens de la largeur (voir pl. V, fig. 8). Outre la dictyostèle large, c'est-à-dire celle dont les méristèles sont rejetées vers la périphérie du stipe dans le tissu fondamental de la moelle et aussi dans les brèches foliaires, se trouvent plusieurs méristèles de forme arrondie avec les faisceaux de forme ovale du tissu mécanique qui les accompagnent, ou sans faisceaux (pl. VI, fig. 5, 6 et 7). Ainsi chez le *Cyathea* nous rencontrons la dictyostèle polycyclique. Chaque méristèle extérieure se compose d'un anneau vasculaire étroit avec du phloème contigu sur ses deux côtés (pl. VI, fig. 4). Les trachéïdes scalariformes qui composent la bande du xylème sont toutes, plus ou moins, de la même dimension dans la section du contour polygonal irrégulier, réunies entre elles par des groupes de fibres primitives recloisonnées (de parenchyme du bois). Le xylème des deux côtés est revêtu par une rangée de cellules de la gaine de bois, identiques aux cellules de parenchyme du bois. La gaine est accompagnée d'une série de tubes criblés. Contre eux se serrent jusqu'à 5 rangées de cellules, étirées dans les coupes transversales du stipe tangentiellement à la méristèle, comme c'est le cas chez le *Dicksonia antarctica*. Dans les coupes minces du matériel, conservé dans l'alcool éthylique, toutes ces cellules paraissent vides ou laissent bien passer la lumière, à l'exception de la dernière rangée des cellules, dont les cavités sont remplies d'un contenu brun-jaune, comme c'est le cas pour les fibres primitives du xylème et de la gaine de bois. Cette dernière rangée de cellules représente l'endoderme, car contre celui-ci se serrent les grandes cellules du tissu fondamental, remplies d'amidon. Dans la coupe longitudinale de la stèle, les trachéïdes et les tubes criblés sont coupés longitudinalement, et les éléments du reste du phloème comme chez le *Dicksonia antarctica*, transversalement. Les cellules d'endoderme se présentent ici étroites et longues, tout à fait de la même longueur que dans la coupe transversale de la méristèle, par conséquent elles ont la forme de plaques aussi longues que hautes, mais très étroites dans le sens de la largeur, c'est-à-dire dans la direction radiale.

A une distance égale à la largeur de la méristèle, le long de son contour, il est suivi, du côté interne et du côté externe, par des bandes de tissu mécanique (sclérenchyme) fortement coloré en brun d'une largeur égale à la moitié de la largeur de la méristèle. L'espace entre le tissu mécanique et la méristèle est occupé par le parenchyme, riche en amidon, dans lequel sont dispersées par groupes de 5 cellules en direction verticale et par groupes d'une, deux et plus rarement de trois cellules en direction horizontale les cellules de mucilage de grande dimension à contenu brun clair et à paroi cellulaire épaisse, mais aux épaississements inégaux (pl. VI, fig. 4). Ces groupes sont disposés en série le long des méristèles tout à fait comme chez le *Dicksonia antarctica*. Mais les méats de résine qui se trouvent chez cette dernière espèce ne s'y laissent pas observer. Des cellules semblables de mucilage se trouvent aussi dans la moelle qui remplit la dictyostèle ainsi que dans l'écorce, mais elles y sont dispersées sans aucune régularité.

La trace foliaire près de sa sortie de la dictyostèle est constituée de plusieurs (environ 8) faisceaux vasculaires, entourés de l'endoderme et des faisceaux de fibres sclérenchymateuses de forme ovale, qui les accompagnent à une certaine distance du côté abaxial. Ils se disposent en forme d'arc bien en face de l'interruption de la dictyostèle. Ces faisceaux vasculaires sont coupés dans les coupes transversales du stipe obliquement et ils sont uniformes, à concavité au dehors ; pour cela il est difficile de se faire une idée de la disposition dans de pareils faisceaux des tissus qui les composent.

Vers ces faisceaux de la trace foliaire, à travers les brèches foliaires, se dirigent pour se joindre les méristèles centrales de la moelle, ce qu'on voit déjà clairement dans les coupes transversales accidentelles du stipe, où, dans le tissu fondamental qui remplit la brèche foliaire, ils se trouvent découpés d'ordinaire obliquement. Ces méristèles, se dirigeant vers la trace foliaire, nous en avons compté huit. Mais comment cette jonction a lieu, je ne puis pas l'étudier, faute de coupes sériales. Quand les méristèles centrales vont verticalement, comme c'est le cas dans la moelle, on y voit bien la disposition du xylème et du phloème. Dans une de ces méristèles le xylème est constitué de deux groupes ovales de trachéïdes de 8 cellules réunies parallèlement par leur grand axe, à l'aide de parenchyme de bois (des fibres primitives) et entourées par la gaine commune du xylème, contre laquelle se serre le phloème (pl. VI, fig. 5 et 6). Tout le faisceau est entouré par l'endoderme à grandes cellules qui se fait nettement voir et dont les parois cellulaires, et quelquefois le contenu, sont colorés en brun jaune. En parlant de la trace foliaire à sa sortie de la dictyostèle, il faut noter que la brèche foliaire, qui se forme dans celle-ci, est bordée de tous côtés par des bandes mécaniques séparant nettement les extrémités de la dictyostèle dans cette région, comme c'est le cas là, où il ne s'interrompt pas. Cette circonstance donne aux parties de la dictyostèle (aux méristèles), à un degré considérable, le caractère de bandes séparées de tissu vasculaire avec sa protection mécanique, comme si elles n'étaient pas liées entre elles. Cependant ici la protection mécanique externe s'ouvre souvent et dans la brèche formée se dirige vers la périphérie le faisceau vasculaire pour se prolonger dans la racine (voir fig. 7 et 8 dans le texte).

Dans le rachis foliaire qui a, dans la section transversale, une forme ovale avec une petite dépression au côté inférieur près de sa base, on observe dans la trace foliaire, comme nous l'avons déjà noté, jusqu'à 24 faisceaux vasculaires séparés, qui ont une forme d'arcs courts et tordus, tournés par leur concavité en dedans. Ils sont rejetés vers la périphérie du rachis, dont le milieu est occupé par le tissu parenchymateux avec les cellules de mucilage qui y sont dispersées. La disposition de ces faisceaux ressemble à la configuration du chiffre 8. Plus la trace foliaire est loin de la base du rachis, plus son caractère de 8 saute aux yeux, entre autres les faisceaux arqués en partie se poussent les uns les autres par leur extrémité : il se forme un grand faisceau d'un aspect festonné avec des saillies sortant au dedans, situées entre des pôles endarques dirigés au dehors et saillants aussi. La partie supérieure ou abaxiale du huit de la trace foliaire a des interruptions avec la courbure des faisceaux extrêmes en dedans. Quant à la structure des faisceaux séparés de la trace foliaire notons ce qui suit : la bande du xylème est composée de trachéïdes polygonales avec des coins arrondis, disposées en une seule rangée et, dans les régions élargies, en deux rangées de cellules ; cette bande représente une chaîne de deux ou de plusieurs divergents réunis par leurs ailes à des pôles endarques saillants entre lesquels le métaxylème avance au dedans en forme de saillie. Contre la gaine du xylème, composée d'une rangée de cellules, du côté extérieur, de grandes cellules de mucilage se serrent, formant une série de cellules à contenu jaune, qui sont absentes du côté intérieur du faisceau. La rangée de ces cellules a quelquefois des interruptions. Plus loin se trouvent des tubes criblés, disposés en une, quelquefois en deux séries de cellules à cavités vides. Entre ces tubes sont dispersées à

certains endroits des cellules ayant un contenu gris dans leurs cavités et qui représentent les cellules-compagnes. Contre les tubes criblés se serrent deux rangées de cellules avec un contenu gris, plus considérables par leur grandeur, dans lesquelles il faut voir une rangée du péricycle ainsi que la rangée extrême de l'endoderme. La baie, formée par le coin de chaque divergent et contiguë au pôle endarque après la gaine du xylème, contient ordinairement la cavité qui se forme par suite de la rupture du tissu tendre de la gaine pendant que la trace foliaire se courbe. Dans le tissu fondamental du rachis sont dispersées isolément des cellules de mucilage relativement peu volumineuses, de la grosseur des cellules du tissu fondamental à contenu jaune.

Les racines prennent naissance, comme nous l'avons déjà mentionné, comme des ramifications de la méristèle dans ses portions tournées au dehors. Elles sont d'un aspect ligneux par suite de la solidité de leur écorce, composée de cellules à parois épaisses et colorées en brun. La coupe transversale de la racine présente au centre une cavité, formée par la destruction du phloème, dans laquelle se trouve le faisceau vasculaire bipolaire de grande dimension occupant, s'il n'est pas déformé, presque toute la cavité et composé de trois grandes trachéïdes dont les éléments du protoxylème sont disposés des deux côtés (pl. VI, fig. 8). Les racines sont d'autant plus vieilles que leurs surfaces sont dépourvues de poils radiculaires.

Cibotium Schiedei Schlechtend. et Chamisso.

L'anatomie du stipe du troisième représentant de la famille des Cyathéacées, qui m'a été donné pour étude des serres du Jardin Botanique principal (Horti Botanici Petropolitani), du *Cibotium Schiedei*, n'a pu être étudiée faute de matériel convenable pour cela et je me suis borné à l'étude du rachis foliaire pris à un grand exemplaire vivace. On connaît, grâce à des données littéraires, que cette espèce a un grand stipe à dictyostèle radiale (A. de Bary, 1877). La coupe transversale du rachis foliaire pratiquée près de sa base ici couverte d'un feutre de longs poils jaunes, montre que la trace foliaire a l'aspect d'un anneau avec des courbures en dedans des côtés et de la face abaxiale. Elle a, cependant, des interruptions courtes de la continuité dans les courbures latérales et encore plus courtes aux côtés de la face adaxiale et près du bord de la face abaxiale de la trace foliaire. A une distance de 6, 5 cm., la trace foliaire devient déjà continue, car l'endoderme ne s'interrompt nulle part, quoique les interruptions dans le xylème se rencontrent dans les courbures latérales de l'anneau (pl. VI, fig. 10) ; mais plus loin elles s'ouvrent de nouveau au milieu de la face abaxiale et leurs extrémités se tournent en dedans (pl. VI, fig. 9). Le caractère nettement festonné du xylème résulte des saillies qu'il présente au dedans entre des pôles endarques du protoxylème, dirigés au dehors et saillants aussi (pl. VI, fig. 11). Les trachéïdes du xylème sont disposées en une série et sont relativement petites. Les cellules du phloème sont petites et ne se dessinent pas clairement parce qu'elles sont remplies, dans le matériel conservé dans l'alcool éthylique, d'un contenu gris, mais on y voit clairement, en une série entrecoupée au dehors du xylème, des cellules de mucilage (de la grandeur des trachéïdes), à contenu jaune. Elles ne se trouvent des deux côtés du xylème qu'au milieu de la face abaxiale de la trace foliaire dans la région où, plus loin, elle s'ouvrira en tournant en dedans ses extrémités. Contre l'endoderme s'applique ordinairement le tissu fondamental à parois minces, dans lequel ne s'enfoncent pas des cellules de mucilage, comme c'est le cas chez le *Dicksonia antarctica* et le *Cyathea mexicana* ; mais près de la base du rachis contre l'endoderme, de tous ses côtés, se serre le tissu sclérenchymateux, semblable à celui qui sert à construire l'écorce externe et, par conséquent, l'exécution des coupes transversales en est difficile.

Ayant examiné la structure de certains représentants des *Cyatheaceae*, comparons leur structure à celles du *Protopteris Sewardi*. La dictyostèle polycyclique du *Cyathea mexicana* rend sa ressemblance avec la dictyostèle du *Protopteris Sewardi* moins apparente qu'avec la dictyostèle du *Dicksonia antarctica* qui ressemble de très près à celle du *Protopteris Sewardi*. Elle est particulièrement frappante dans le caractère de la naissance des traces foliaires. Chez le *Protopteris Sewardi*, comme chez les autres *Protopteris* connus, la portion de la dictyostèle sert tout entière à la formation de la trace foliaire en formant la maille ; cette maille, comme nous l'avons vu, se forme dans la dictyostèle triangulaire du *Dicksonia antarctica*. Les anneaux mécaniques accompagnant la dictyostèle du *Protopteris* correspondent entièrement à ces pièces du *Dicksonia antarctica*, hormis l'anneau externe du sclérenchyme chez le *Dicksonia* qui est plus compliqué, car il se montre divisé en une série de portions séparées. Or, la même chose a lieu, et nous nous en souvenons, chez le *Protopteris Cottai*. Dans le tissu fondamental du *Dicksonia antarctica* se trouvent des cellules de mucilage et des méats de résine, absents chez le *Protopteris*, mais ce caractère est peu essentiel, car chez le *Cibotium Schiedei*, dans le tissu fondamental du rachis, elles sont également absentes, quoiqu'elles soient présentes dans la région des rachis du *Dicksonia antarctica* et du *Cyathea mexicana*. Chez le *Protopteris Sewardi*, dans la moelle, sont disposées, par groupes ou par nids, des cellules mécaniques totalement absentes chez les représentants des *Cyatheaceae* que nous venons d'étudier, mais à ce caractère on ne saurait attacher beaucoup d'importance, car le tissu mécanique dans la moelle manque chez certains *Protopteris* connus. Probablement ce tissu est également présent chez le *Protopteris microrhiza*. Outre la naissance des traces foliaires, la naissance des racines aussi chez le *Protopteris* répond entièrement à ce qu'on observe chez le *Dicksonia antartica* et le *Cyathea mexicana*. La protection de racines adventives qui enveloppe le stipe du *Protopteris Sewardi* et la structure des racines elles-mêmes correspondent en tout à ce qu'on observe dans la protection radiculaire du *Dicksonia antarctica*. La trace foliaire, en forme de fer à cheval trilobé, avec des extrémités recourbées en dedans de sa face abaxiale chez le *Protopteris*, répète ce que nous avons vu, somme toute, dans la trace foliaire du *Dicksonia antarctica* et du *Cyathea mexicana*, quoique chez ces formes le caractère trilobé de la trace foliaire ne soit pas aussi exprimé que chez certains représentants du genre *Protopteris* (*P. Sternbergi* Corda). Le caractère festonné du contour de la trace foliaire, avec ses saillies au dedans entre des pôles endarques du protoxylème dirigés au dehors, s'observe chez le *Protopteris* au même degré que chez les représentants des *Cyatheaceae* et, déjà, d'après la seule forme caractéristique de la trace foliaire du *Protopteris*, le classement de ce genre dans la famille des *Cyatheaceae* devient très probable. Les différences dans l'orientation des éléments du protophloème et de la gaine libérienne chez le *Dicksonia antarctica* et le *Cyathea mexicana*, avec ce que l'on observe chez le *Protopteris*, où tout le phloème est orienté ordinairement parallèlement aux trachéïdes du xylème, constituent la seule distinction entre la structure de la dictyostèle des formes vivantes et celle de la plante fossile ; mais il ne convient pas d'attacher une trop grande importance à cette particularité, d'autant plus que, chez le *Protopteris fibrosa* Stenzel, certaines

cellules de la zone libérienne sont étirées tangentiellement et prennent le caractère de plaques (Stenzel, *Rhizodendron oppoliense*, pl. III, fig. 33, t. t.). Je reconnais ces cellules chez le *Protopteris fibrosa* comme les tubes criblés, quoique M. Stenzel se pose à lui-même la question suivante : « Ne sont-elles pas des cellules d'endoderme (voir p. 30 du tiré à part du travail cité dans l'explication de la fig. 33, pl. III) ? »

La présence des méristèles centrales dans la dictyostèle du *Cyathea mexicana* fait regarder le genre *Cyathea* comme plus organisé, à le comparer avec celui de *Dicksonia*.

La séparation tranchée de la trace foliaire par des faisceaux séparés et par leur jonction avec les méristèles centrales montre aussi la plus haute différenciation du système vasculaire de ce genre à le comparer à celui de *Dicksonia* et du *Protopteris*, dont la ressemblance sous ce rapport est bien proche, autant qu'on peut l'établir pour le genre vivant de la fougère et du fossile, d'une haute antiquité.

Si le *Cyathea* avec ses nombreuses méristèles, disposées en plusieurs cycles, avec la trace foliaire très compliquée près de sa sortie même, se trouve, dans la même famille, avec le genre *Dicksonia* dont la dictyostèle ressemble de très près à la dictyostèle du *Protopteris Sewardi*, il devient évident que la possibilité de placer le genre *Protopteris* dans la famille des *Cyatheaceae* est fondée à tous les points de vue. C'est évident, malgré la circonstance qui fait que la trace foliaire du *Protopteris Sewardi* se sépare de la dictyostèle par un seul faisceau en forme de fer à cheval continu et non pas divisé, comme chez le *Dicksonia*, en plusieurs faisceaux de grandeur diverse, quoique pas autant que chez le *Cyathea*. Ainsi, sous le rapport de la trace foliaire et de la dictyostèle, le *Dicksonia*, à notre avis, apparaît comme le chaînon imaginaire de passage dans le développement du système vasculaire du genre *Protopteris* vers le genre *Cyathea*.

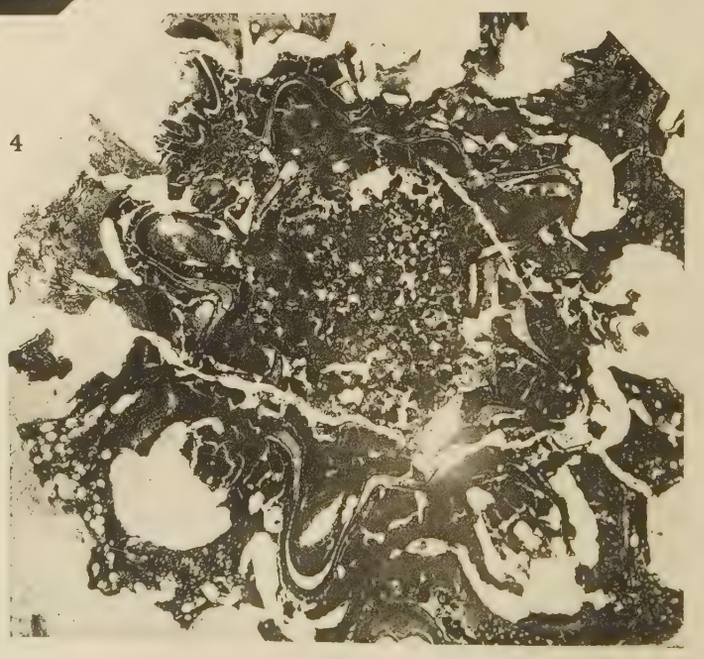
Le genre *Stenzeliella*, avec deux espèces : *oppoliense* Goeppert *sp.* et *arborescens* Stenzel *sp.* présente, sous ce rapport, assez d'intérêt. La première espèce est crétacée, la seconde, probablement permienne, La dernière espèce est surtout voisine, par la forme de sa trace foliaire en fer à cheval, des représentants du genre *Protopteris* et par conséquent on peut se figurer, à notre avis, la voie du développement du système vasculaire de la trace foliaire du *Protopteris* vers le *Cyathea* au moyen des formes telles que *Stenzeliella arborescens* Stenzel *sp.*

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXX. *La Gérante de la Société Géologique :* Mme L. Mémin.

1

2

3



4

5

Phot. P. Petrov.

Imp. Tortellier et Cie. Arcueil (Seine)

MÉMOIRE N° 13

PLANCHE I

Fig. 1 et 2. — *Protopteris Sewardi* Zalessky *n. sp.* Aspect général du stipe de fougère, photographié des deux endroits. L'exemplaire provient de la mine de schistes d'Oundorsk, district de Simbirsk du gouv. de Simbirsk, et est exposé au Museum du Comité géologique de Russie.

Fig. 3. — *Protopteris Sewardi* Zalessky *n. sp.* Portion de la surface du stipe, grandeur naturelle.

Fig. 4. — *Protopteris Sewardi* Zalessky *n. sp.* Coupe transversale du stipe dans sa partie supérieure, gross. 1, 6.

Fig. 5. — *Protopteris Sewardi* Zalessky *n. sp.* Coupe longitudinale à travers le stipe dans sa partie supérieure, gross. 1, 6.

MÉMOIRE N° 13

PLANCHE II

Protopteris Sewardi Zalessky *n. sp.*

Fig. 1. — Portion de la dictyostèle en coupe transversale dans la région du passage de sa partie réparatoire dans la portion de génératrice foliaire. × 14.

Fig. 2. — Coupe transversale de la portion réparatoire de la partie de la dictyostèle, figurée dans la fig. 1, grossie 41 fois.

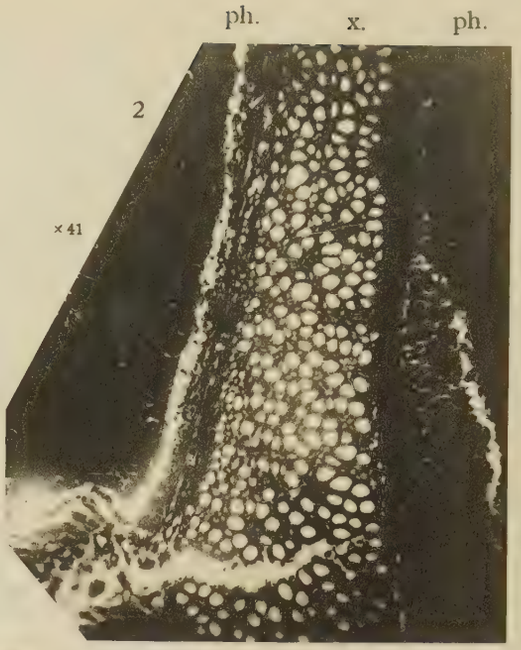
Fig. 3. — Coupe transversale de la portion réparatoire de la partie de la dictyostèle, figurée dans la fig. 2. × 70.

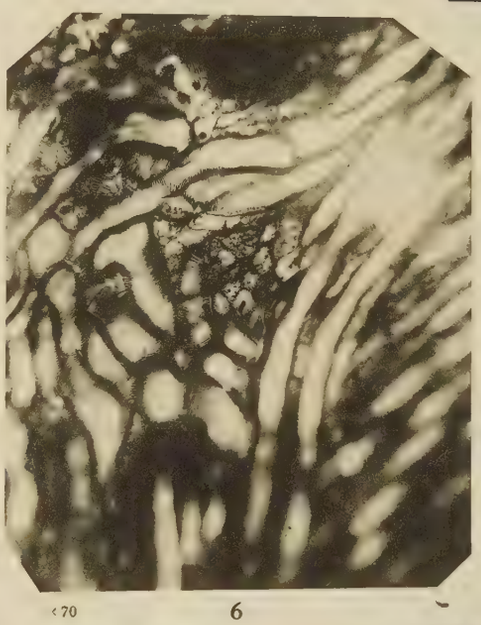
Fig. 4. — Portion réparatoire de la dictyostèle en coupe transversale. × 41.

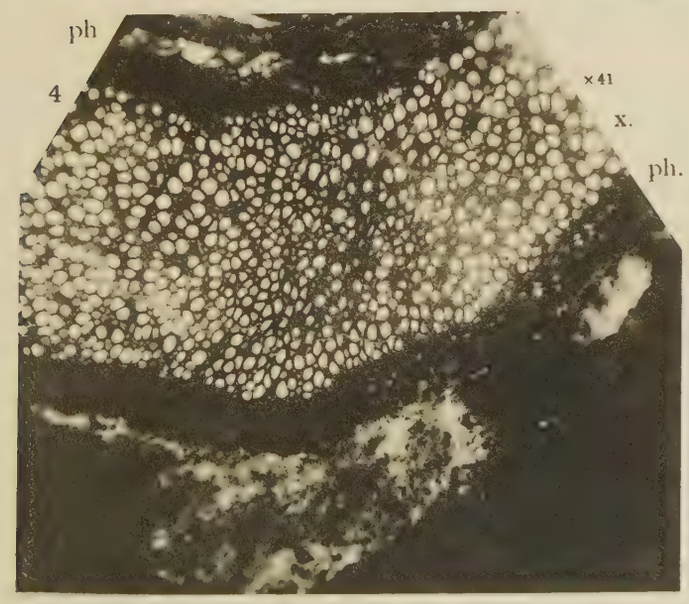
Fig. 5. — Coupe transversale de la portion réparatoire de la dictyostèle, figurée dans la fig. 4. × 70.

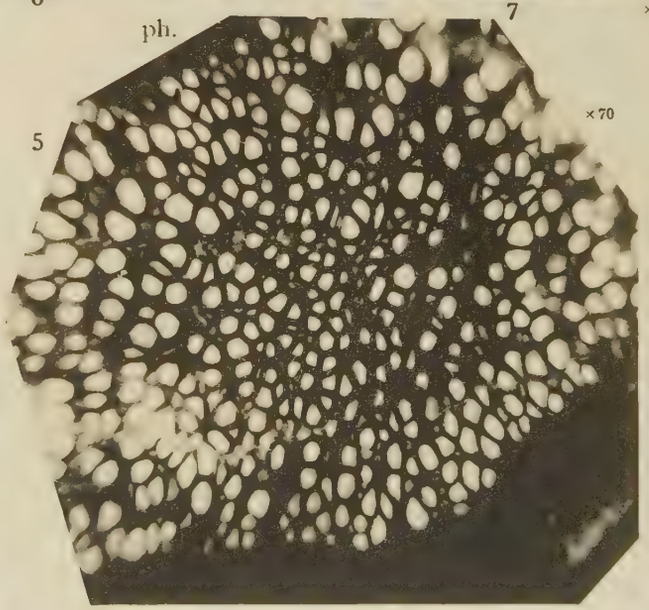
Fig. 6. — Coupe longitudinale de la partie ligneuse de la dictyostèle dans la région du passage de la partie réparatoire en portion de la génératrice foliaire. × 70.

Fig. 7. — Coupe longitudinale de la partie ligneuse de la dictyostèle dans sa portion réparatoire. × 74.

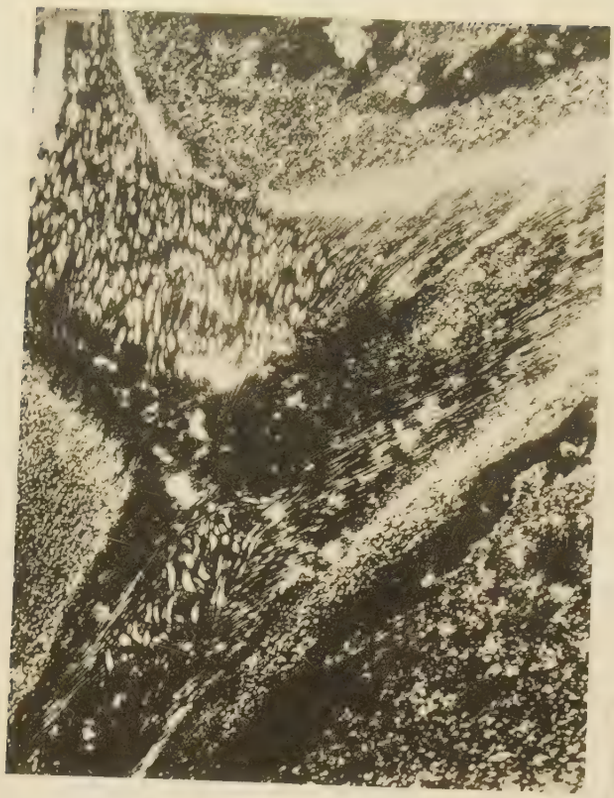








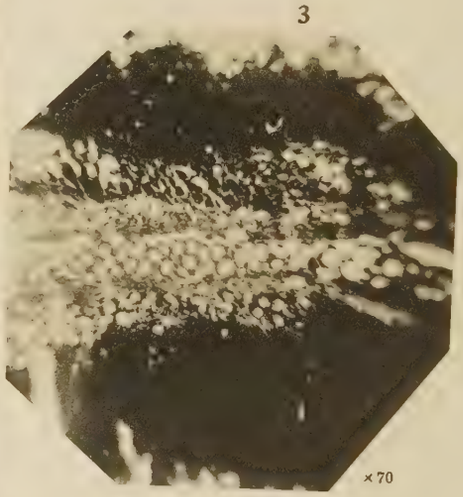
Phot. M. Zalessky
Imp. Tortellier et Cie, Arcueil (Seine)



1 ×14

2 ×8

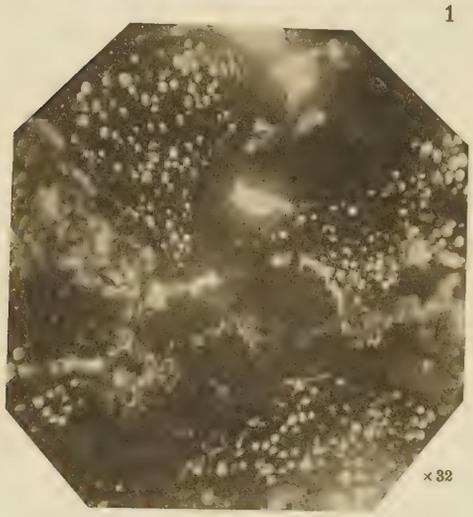
4 ×70



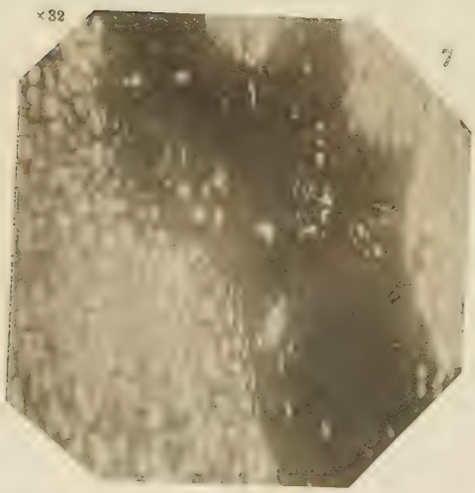
3

b. sc.ex
ph.
x.
ph.
b. sc. in.

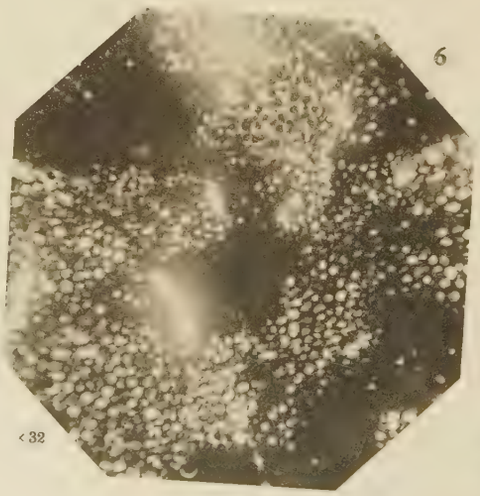
×70



5 ×32



×32 7



6 ×32

×70 8

Phot. M. Zalessky

Imp. Tortellier et Cie Arcueil (Seine)

MÉMOIRE N° 13

PLANCHE III

Protopteris Sewardi Zalessky *n. sp.*

Fig. 1. — Coupe longitudinale de la dictyostèle, suivant la tangente à la maille de la portion de la génératrice foliaire. × 14.

Fig. 2. — Coupe transversale de la siphonostèle de la pousse latérale. × 8.

Fig. 3. — Coupe transversale de la portion de la siphonostèle de la pousse latérale. × 70.

Fig. 4. — Coupe longitudinale du tissu sclérenchymateux dans la moelle de la dictyostèle. × 70.

Fig. 5. — Coupe transversale de la partie de la moelle de la dictyostèle, où on voit des nids du tissu sclérenchymateux, séparés par des portions, où le tissu parenchymateux qui les entourait n'est pas conservé. × 32.

Fig. 6. — Coupe transversale de la partie de la moelle de la dictyostèle, où les endroits foncés représentent les portions du tissu sclérenchymateux et les parties avec structure cellulaire claire, les portions du tissu de parenchyme. × 32.

Fig. 7. — Coupe longitudinale de la partie de la moelle de la dictyostèle, où le nid de sclérenchyme est représenté par la portion foncée du tissu. × 32.

Fig. 8. — Coupe transversale du tissu de l'anneau sclérenchymateux externe de la dictyostèle. × 70.

MÉMOIRE N° 13

PLANCHE IV

Protopteris Sewardi Zalessky *n. sp.*

Fig. 1. – Coupe transversale de la partie de dictyostèle dans sa portion de génératrice foliaire, dont se sépare, du côté extérieur en *a*, le faisceau vasculaire se dirigeant dans la racine adventive, × 41.

Fig. 2. – Coupe transversale des racines adventives prise dans la protection radiculaire du stipe. × 41.

Fig. 3. – Coupe transversale de plusieurs racines adventives dans la protection radiculaire du stipe avec les poils radiculaires qui les couvrent. × 41.

Fig. 4. — La zone des poils absorbants qui couvrent la surface du stipe dans sa coupe longitudinale. Les régions sombres de la photographie représentent le tissu sclérenchymateux de l'écorce externe. × 41.

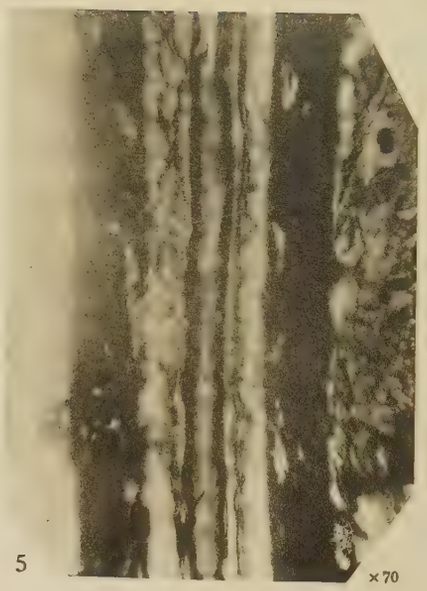
Fig. 5. — Coupe longitudinale à travers la racine adventive, où on voit au centre des trachéïdes du protoxylème avec les épaississements spiralés. × 70.

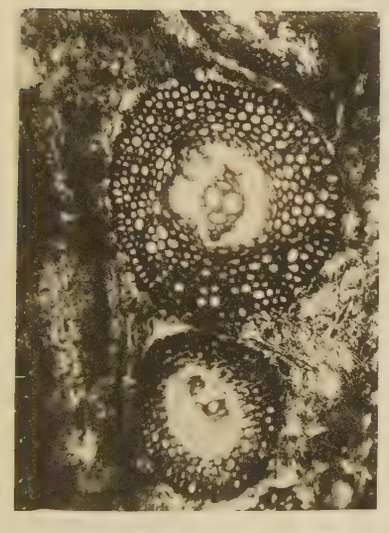
Fig. 6. — Coupe transversale de la racine adventive, dans laquelle le phloème et le tissu qui le revêt sont bien conservés. × 41.

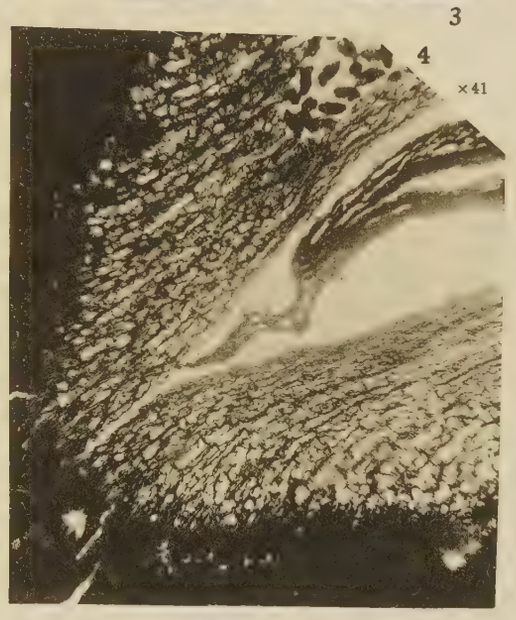
Fig. 7. — Portion de la protection radiculaire du stipe dans la coupe transversale. Les racines coupées transversalement sont revêtues de poils absorbants, qui couvrent la surface du stipe. × 41.

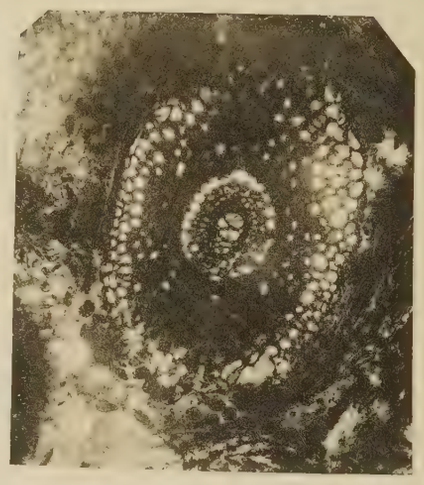
Fig. 8. — Coupe longitudinale du tissu de l'anneau sclérenchymateux intérieur. Les parois cellulaires de la fibre sclérenchymateuse sont percées de canaux, vus dans la photographie sous forme de lignes sombres. × 70.

Fig 9. — Coupe de la trace foliaire, entourée de coupes des racines adventives dans la coupe transversale du stipe. × 4, 7.

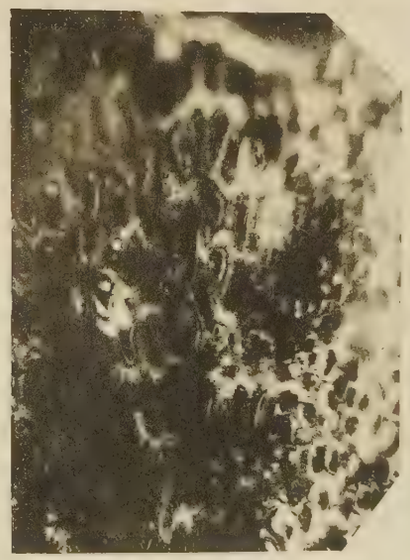




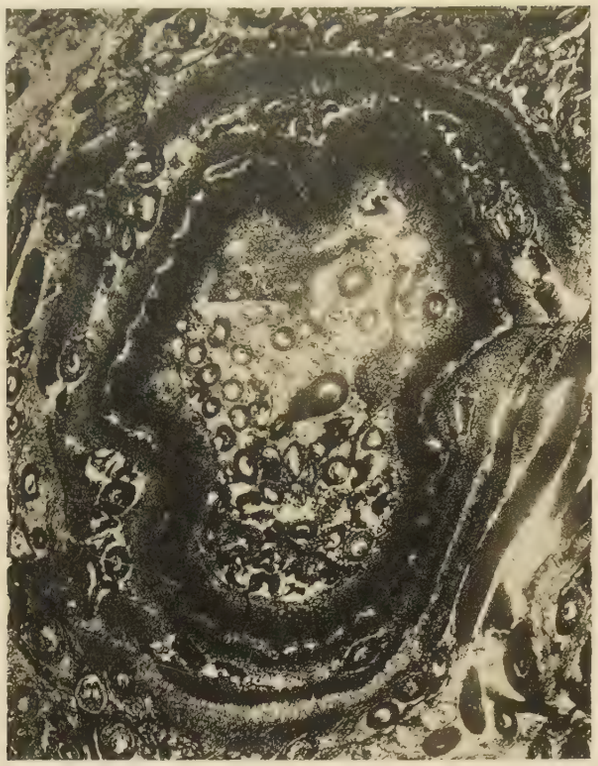




b. sc. ex

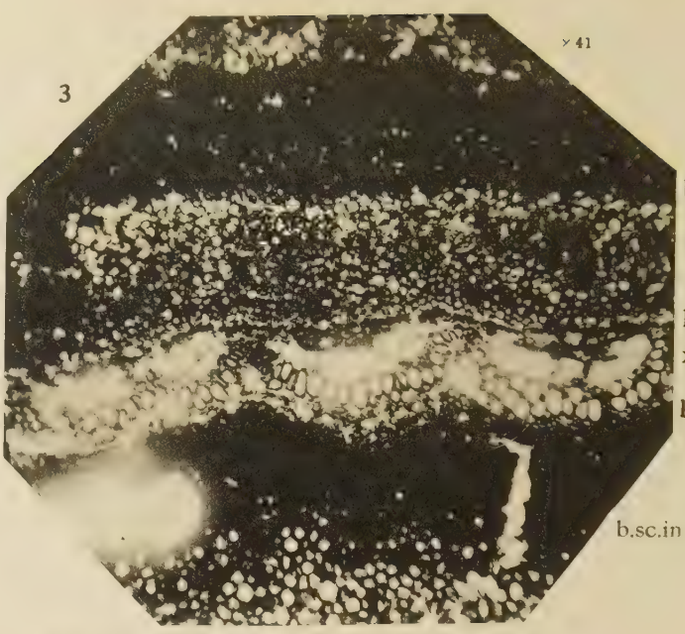


Phot. M. Zalessky
Imp. Tortellier et Cie, Arcueil (Seine)



1

×6,5



3

×41

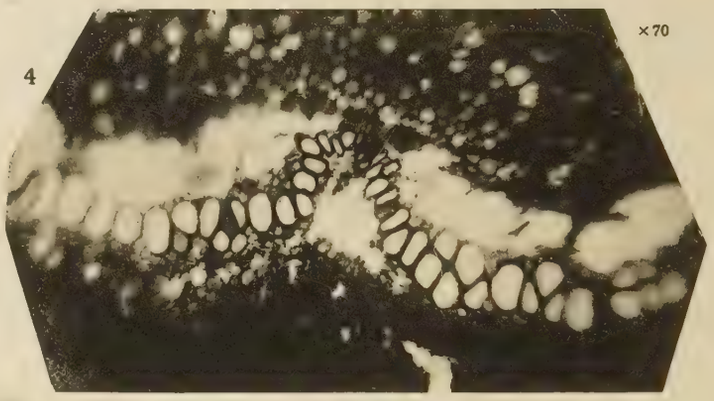
b.sc.ex.

ph.

x.

ph.

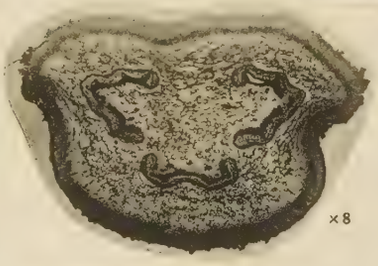
b.sc.in



4

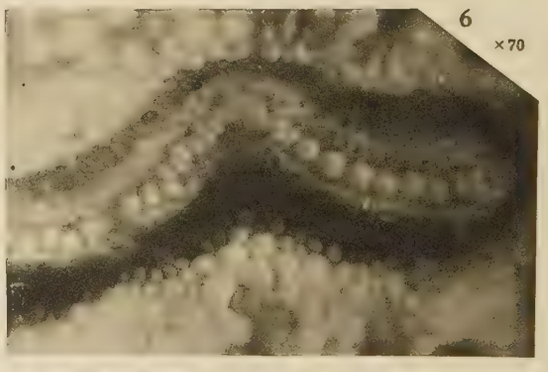
×70

×5



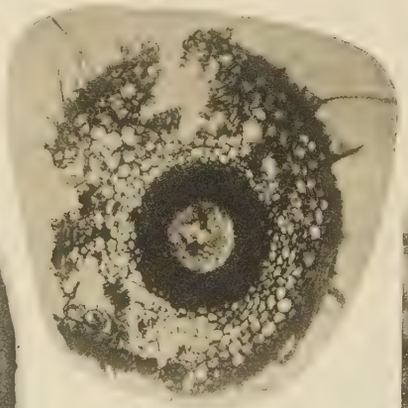
5

×8



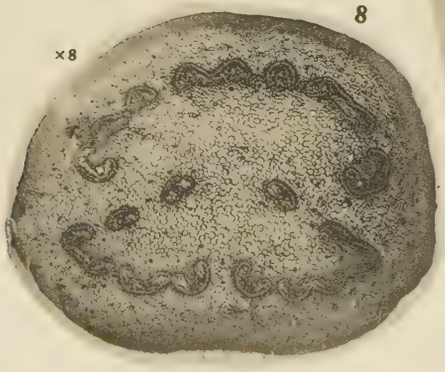
6

×70



7

×41



8

×8

9

×70

Phot. M. Zalessky

Imp. Tortellier et Cie, Arcueil (Seine)

MÉMOIRE N° 13

PLANCHE V

Fig. 1. — *Protopteris Sewardi* Zalessky *n. sp.* Trace foliaire, entourée de racines adventives dans la coupe transversale du stipe. × 6,5.

Fig. 2. — *Protopteris Sewardi* Zalessky *n. sp.* Trace foliaire entourée de racines adventives dans la coupe transversale du stipe. × 5.

Fig. 3. — *Protopteris Sewardi* Zalessky *n. sp.* Portion de la trace foliaire dans la coupe transversale. × 41.

Fig. 4. — *Protopteris Sewardi* Zalessky *n. sp.* Divergent de la trace foliaire dans la coupe transversale de la dernière. × 70.

Fig. 5. — *Dicksonia antarctica* Labell. Coupe transversale du rachis foliaire près de la base. × 8.

Fig. 6. — *Dicksonia antarctica* Labell. Divergent de la trace foliaire dans la coupe transversale de la dernière. × 70.

Fig. 7. — *Dicksonia antarctica* Labell. Coupe transversale de la racine. × 41.

Fig. 8. — *Cyathea mexicana* Cham. et Schlechtend. Coupe transversale du rachis foliaire près de sa base. × 8.

Fig. 9. — *Cyathea mexicana* Cham. et Schlechtend. Divergent de la trace foliaire dans la coupe transversale de la dernière. × 70.

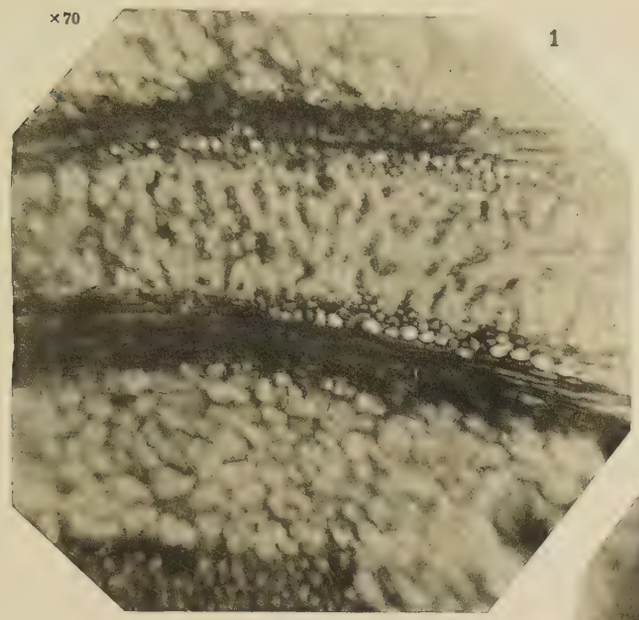
MÉMOIRE N° 13

PLANCHE VI

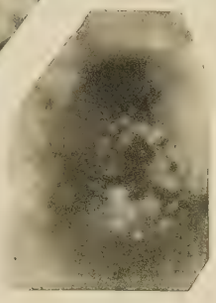
Fig. 1. — *Dicksonia antarctica* Labell. Coupe transversale de la portion de dictyostèle. × 70.
Fig. 2. — *Dicksonia antarctica* Labell. Coupe longitudinale de la portion de dictyostèle. × 70.
Fig. 3. — *Dicksonia antarctica* Labell. Coupe transversale de la racine. × 41.
Fig. 4. — *Cyathea mexicana* Cham. et Schlechtend. Coupe transversale de la portion de dictyostèle. × 70.
Fig. 5. — *Cyathea mexicana* Cham. et Schlechtend. Stèle centrale dans la coupe transversale. × 40. La tache foncée au-dessous est une section du faisceau sclérenchymateux, accompagnant la stèle.
Fig. 6. — *Cyathea mexicana* Cham. et Schlechtend. Stèle centrale figurée dans la fig. 5 sous le grossissement 130 fois pour montrer deux groupes du tissu vasculaire du faisceau ligneux.
Fig. 7. — *Cyathea mexicana* Cham. et Schlechtend. Une autre stèle de dictyostèle polyclique sous le grossissement de 130 fois dans la coupe transversale.
Fig. 8. — *Cyathea mexicana* Cham. et Schlechtend. Coupe transversale de la racine. × 8.
Fig. 9 et 10. — *Cibotium Schiedei* Schlechtend. et Chamisso. Les coupes transversales des rachis foliaires. × 8.
Fig. 11. — *Cibotium Schiedei* Schlechtend. et Chamisso. Divergent de la trace foliaire dans sa coupe transversale. × 70.

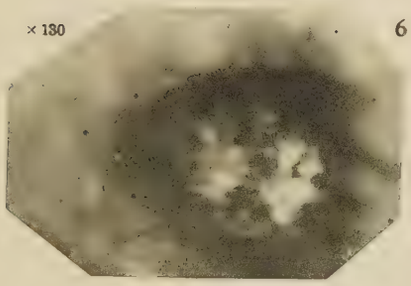
EXPLICATION DES ABRÉVIATIONS

x. — xylème ; ph. — phloème ; t. c. — tubes criblés ; c. m. — cellules du mucilage ; b. sc. in. — bande sclérenchymateuse intérieure ; b. sc. ext. — bande sclérenchymateuse extérieure.

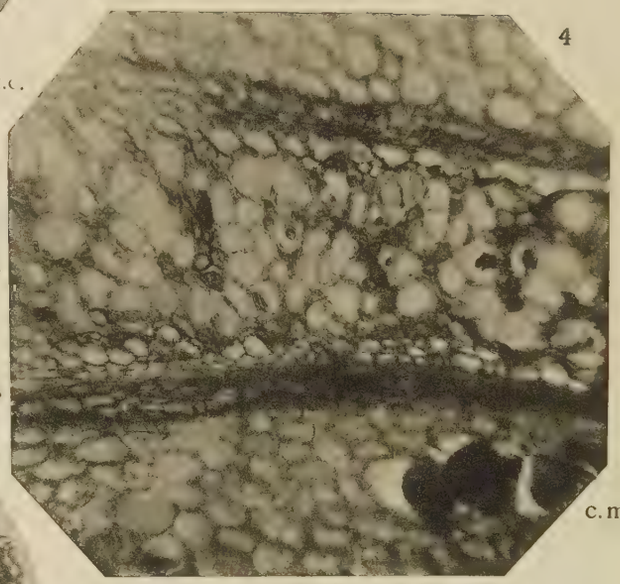

×70
1
t.c.
x.
t.c.
b.sc.ext.

2
t.c.
x.
t.c.
c.m.
×70

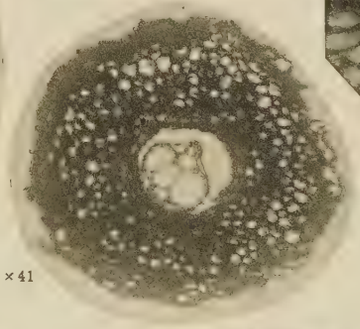

7
× 130

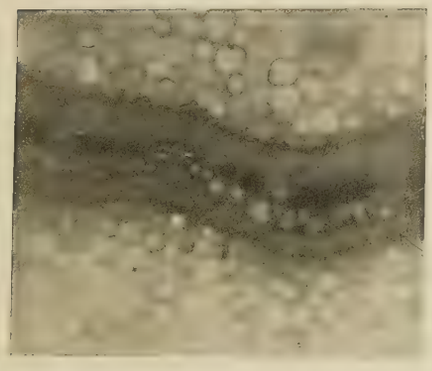

× 130
6

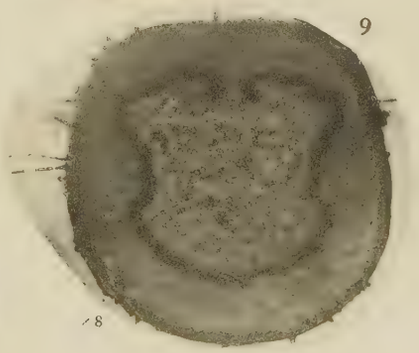
×40
5

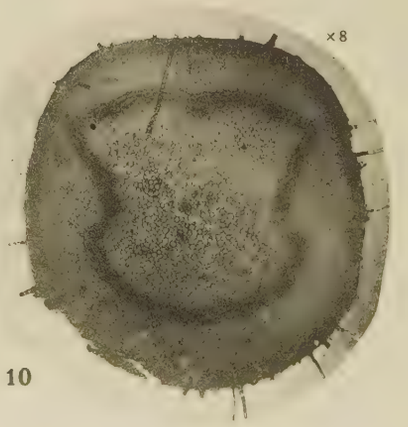

4
t.c.
x.
t.c.
c.m.
×70

3
×41


×41
8


11
×70


9
×8


×8
10

		Francs
1881.	— D. Oehlert. *Documents pour servir à l'histoire des faunes dévoniennes dans l'ouest de la France*, 38 p., 6 pl.	
1882.	— Terquem. *Les Foraminifères de l'Éocène des environs de Paris*, 104 p., 20 pl.	30 »
1882.	— H.-E. Sauvage. *Recherches sur les reptiles trouvés dans le Gault de l'Est du bassin de Paris*, 42 p., 4 pl.	180 »
1883.	— Cossmann et J. Lambert. *Etude paléontologique et stratigraphique sur le terrain oligocène marin des environs d'Étampes*, 188 p., 1 tabl., 6 pl.	30 »
1884.	— Ph. Thomas. *Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur quelques formations d'eau douce de l'Algérie*, 54 p., 1 tabl., 5 pl.	60 »
1885.	— Cossmann. *Contribution à l'étude de la faune de l'étage bathonien en France (Gastropodes)*, 374 p., 18 pl.	25 »
1885.	— Terquem. *Les Entomostracés Ostracodes du système oolitique de la zone à Am. Parkinsoni de Fontoy (Moselle)*, 46 p., 6 pl.	120 »
1886.	— Terquem. *Les Entomostracés Ostracodes du Fullers Earth des environs de Varsovie*, 112 p., 12 pl.	50 »
1887.	— C. Grand'Eury. *Formation des couches de houille et du terrain houiller*, 196 p., 10 pl.	80 »
1888.	— H. Filhol. *Études sur les Vertébrés fossiles d'Issel (Aude)*, 186 p., 21 pl.	50 »
1889.	— G. Cotteau. *Échinides éocènes de la province d'Alicante* (2 parties), 107 p., 16 pl.	80 »
1906.	— P.-L. Prever *Aperçu géologique sur la colline de Turin*, 48 p., 7 fig., 1 carte.	60 »
1907.	— G. Zeil. *Contribution à l'étude géologique du Haut-Tonkin.* — H. Lantenois. *Note sur la géologie de l'Indo-Chine.* — René de Lamothe. *Note sur la géologie du Cambodge et du Bas-Laos*, 80 p., 1 pl., 3 cartes en couleurs.	40 »
1908.	— Général de Lamothe. *Les anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne*, 288 p., 3 pl., 1 carte en couleurs.	60 »
1909.	— Léon Carez. *Résumé de la Géologie des Pyrénées françaises*, 132 p., 1 pl., 6 cartes en couleurs	80 »
1910.	— Maurice Lugeon. *Étude géologique sur le projet de Barrage du Haut-Rhône français à Génissiat (près de Bellegarde)*, 136 p., 7 pl.	80 »
		80 »

MÉMOIRES DE PALÉONTOLOGIE (1890-1923)

Mémoires		Francs
N[os] 19	— M. Cossmann, *Contribution à la Paléontologie française des terrains jurassiques; Gastropodes: Nérinées*, 13 pl., 180 p.	150 »
20.	— V. Popovici-Hatzeg, *Contribution à l'étude de la faune du Crétacé supérieur de Roumanie, Environs de Campulung et de Sinaïa*, 2 pl., 22 p.	30 »
21.	— R. Zeiller, *Études sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée (Asie Mineure)*, 6 pl., 91 p.	120 »
22.	— P. Pallary, *Sur les Mollusques fossiles terrestres, fluviatiles et saumâtres de l'Algérie*, 4 pl., 218 p.	» 60 »
23.	— G. Sayn, *Les Ammonites pyriteuses des marnes valanginiennes du Sud-Est de la France* (en cours), 26 fig., 6 pl., 69 p.	80 »
24.	— J. Lambert, *Les Échinides fossiles de la province de Barcelone*, 9 pl., 128 p.	80 »
25.	— H.-E. Sauvage, *Recherches sur les Vertébrés du Kimeridgien supérieur de Fumel (Lot-et-Garonne)*, 5 pl., 36 p.	50 »
26.	— Ch. Depéret et F. Roman, *Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines (en cours) (1re partie : genre Pecten)*, 23 pl., 169 p.	400 »
27.	— G. Dollfus et Ph. Dautzenberg, *Conchyliologie du Miocène moyen du Bassin de la Loire ; Description des gisements fossilifères ; 1re partie : Pélécypodes*, 51 pl., 500 p.	1200 »
28.	— Marcellin Boule, *Le Pachyæna de Vaugirard*, 2 pl., 16 p.	35 »
29.	— V. Paquier, *Les Rudistes urgoniens*, 13 pl., 102 p.	150 »
30.	— Ar. Toucas, *Études sur la classification et l'évolution des Hippurites*, 17 pl., 128 p.	250 »
31.	— Albert Gaudry, *Fossiles de Patagonie ; Dentition de quelques Mammifères*, 28 p., 42 fig. dans le texte	35 »
32.	— Paul Lemoine et Robert Douvillé, *Sur le genre* Lepidocyclina *Gümbel*, 3 pl., 42 p.	100 »
33.	— Ferdinand Canu, *Les Bryozoaires du Patagonien. Echelle des Bryozoaires pour les Terrains tertiaires*, 5 pl., 30 p.	35 »
34.	— Charles R. Eastman, *Les types de Poissons fossiles du Monte-Bolca au Muséum d'Histoire naturelle de Paris*, 5 pl., 33 p.	50 »
35.	— V. Popovici-Hatzeg, *Les Céphalopodes du Jurassique moyen du Mt Srunga (Roumanie)*, 6 pl., 28 p.	70 »
36.	— Ar. Toucas, *Études sur la classification et sur l'évolution des Radiolitidés*, 24 pl., 132 p.	225 »
37.	— Edm. Pellat et M. Cossmann, *Le Barrémien supérieur à faciès urgonien du Brouzet-lès-Alais (Gard)*, 9 fig. dans le texte ; 6 pl., 42 p.	50 »
38.	— Charles Jacob, *Études sur quelques Ammonites du Crétacé moyen*, 44 fig., 9 pl., 64 p.	100 »
39.	— A. Pezant, *Étude iconographique des Pleurotomes fossiles du Bassin de Paris*, 5 pl., 30 p.	30 »

Mémoires	Francs
Nos 40. — P.-H. Fritel, *Études sur les végétaux fossiles de l'étage sparnacien du Bassin de Paris*, 3 pl., 37 p.	30 »
41. — Henri Douvillé, *Etudes sur les Rudistes. Rudistes de Sicile, d'Algérie, d'Egypte, du Liban et de la Perse*, 7 pl., 84 p. (voir Mém. n° 6)	100 »
42. — L. Pervinquière, *Sur quelques Ammonites du Crétacé algérien*, 7 pl., 86 p.	60 »
43. — Robert Douvillé, *Céphalopodes argentins*, 3 pl., 21 p.	30 »
44. — Gustave F. Dollfus, *Les coquilles du Quaternaire marin du Sénégal Introduction géologique*, par A. Dereims, 4 fig., 4 pl., 72 p.	60 »
45. — Robert Douvillé, *Etudes sur les Cardiocératidés de Dives, Villers-sur-Mer, et quelques autres gisements*, 84 fig., 5 pl., 77 p.	100 »
46. — M. Cossmann, *Contribution à la Paléontologie française des terrains jurassiques* (voir Mém. nos 14, 19); *Cerithiacea et Loxonematacea*, 11 pl., 264 p.	150 »
47. — Lucien Morellet et Jean Morellet, *Les Dasycladacées du Tertiaire parisien*, 24 fig., 3 pl., 43 p.	20 »
48. — Robert Douvillé, *Etudes sur les Oppeliidées de Dives et Villers-sur-Mer*, 31 fig., 2 pl., 26 p.	50 »
49-50. — F. Priem, *Sur des Poissons fossiles et, en particulier, des Siluridés du Tertiaire supérieur et des couches récentes d'Afrique (Egypte et région du Tchad); Sur des Poissons fossiles des terrains tertiaires d'eau douce et d'eau saumâtre de France et de Suisse*, 9 pl., 30 p.	45 »
51. — P. de Brun, C. Chatelet et M. Cossmann, *Le Barrémien supérieur à faciès urgonien de Brouzet-lès-Alais (Gard)* [Partie II (voir Mém. n° 37)], 4 fig., 5 pl., 56 p.	50 »
52. — Henri Douvillé, *Le Barrémien supérieur de Brouzet* [Partie III (voir Mém. nos 37 et 51)], 4 pl., 20 p.	50 »
53. — J. Repelin, *Monographie du genre Lychnus*, 6 pl., 24 p.	30 »
54. — J. Monestier, *Ammonites rares ou peu connues et Ammonites nouvelles du Toarcien supérieur du Sud-Est de l'Aveyron*, 4 pl., 44 p.	50 »
55. — Maurice Cossmann, *Synopsis illustré des Mollusques de l'Eocène et de l'Oligocène en Aquitaine*, 15 pl., 220 p.	180 »
56. — J. Lewinski, *Monographie géologique et paléontologique du Bononien de la Pologne*, 11 pl., 108 p.	100 »
57. — F. Roman, *Monographie de la faune de Mammifères de Mormoiron (Vaucluse), Ludien supérieur*, 8 pl., 40 p.	60 »
58. — L. et J. Morellet, *Nouvelle contribution à l'étude des Dasycladacées tertiaires*, 2 pl., 37 p.	20 »
59. — A. Borissiak, *Sur un nouveau représentant des Rhinocéros gigantesques de l'Oligocène d'Asie : l'Indricotherium asiaticum*, n. g., n. sp., 3 pl., 16 p.	20 »

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

NOUVELLE SÉRIE

1. — L. Moret, *Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Miocène de l'Algérie*, 4 pl., 32 p.	30 »
2. — H. Douvillé, *Revision des Lépidocyclines*, 7 pl., 123 p.	175 »
3. — S. Gillet, *Etude sur les Lamellibranches néocomiens*, 2 pl., 339 p.	140 »
4. — F. Canu, *Les Bryozoaires cheilostomes des faluns de Touraine et d'Anjou*, 25 pl., 130 p.	125 »
5. — L. Moret, *Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Crétacé supérieur français*, 24 pl., 338 p.	140 »
6. — J. Pfender, *Les Mélobésiées dans les calcaires crétacés de la Basse-Provence*, 10 pl., 32 p.	50 »
7. — P. Teilhard de Chardin, *Etude géologique sur la région du Dalai-Noor*, 2 pl., 3 cartes, 56 p.	50 »
8. — E. Roch, *Etude stratigraphique et paléontologique de l'Aptien inférieur de la Bédoule près Cassis (B.-du-Rh.)*, 5 pl., 37 p.	40 »
9. — C.-P. Nicolesco, *Etude monographique du genre Parkinsonia*, 16 pl., 84 p.	150 »
10. — Charles Depéret et F. Roman, *Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines* (Suite du Mém. de Paléont. n° 26), pl. XXIV-XXVIII, p. 169-194.	60 »
11. — René Dehée, *Description de la Faune d'Etrœungt* (Faune de passage du Dévonien au Carbonifère), 8 pl., 64 p.	50 »
12. — L. Barrabé, *Contribution à l'étude stratigraphique et pétrographique de la partie médiane du pays sakalave (Madagascar)*, 10 pl., 1 carte en couleurs, 260 p.	175 »
13. — M. D. Zalessky, *Etude anatomique sur le stipe du* Protopteris Sewardi *n. sp.* 6 pl., 30 p.	30 »
14. — P. Teilhard de Chardin, P. Lamare, A. Lacroix, M. Dreyfuss et E. Basse, *Recherches géologiques en Ethiopie, Somalie et Arabie méridionale* (sous presse).	

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXX.

La Gérante de la Société Géologique : Mme L. Mémin

ESSAI
DE CARTE GÉOLOGIQUE
DE LA PARTIE MÉDIANE DU PAYS SAKALAVE
CÔTE OCCIDENTALE DE MADAGASCAR

par Louis BARRABÉ

Échelle : $\frac{1}{500.000}$

1928

LÉGENDE

- a — Alluvions quaternaires. { a' Terrasse de 5o et 8o^m ; a'' Terrasse de 1d^m
- p — Sables blancs et cailloutis. Pliocène.
- m^{1-3} — Calcaires et grès du Miocène marin.
- m^{1-3}/g^{6-7} — Sables et grès ferrugineux.
- e — Calcaires éocènes.
- c^8 — Calcaires du Sénonien supérieur.
- c^7 — Grès et Marnes du Sénonien inférieur.
- g^{6-5} — Grès rouges supérieurs. Cénomanien.
- c^{1-2} — Marnes et grès intermédiaires. Albien.
- c^3 — Grès rouges inférieurs. Hautérivien-Aptien.
- c^{1-3} — Grès du Crétacé inférieur ou moyen d'âge indéterminé.
- L^{1-2} — Marnes grises à Duvalia. Valanginien-Hautérivien.
- J^{8-7} — Marnes blanches à Huîtres. Jurassique supérieur.
- J^{7-6} — Calcaires glauconieux. Kimeridgien.
- J^{6-5} — Marnes et calcaires à oolites ferrugineuses. Callovien.
- Blocs isolés de calcaires bajociens et bathoniens.
- J^{4-3} — Calcaires compacts. Bajocien-Bathonien.
- l^{6-5} — Marnes et calcaires du Lias supérieur.
- t^{3-4} — Grès, sables et marnes du Keuper.
- t^{1-2} — Couches d'Ankavandra. Trias inférieur.
- t^1 — Schistes et psammites du Ranobe. Permien.
- t^{1-3} — Roches cristallophylliennes. Quartzites à magnétite.
- γ.R — Granites, granodiorites et pegmatites antetriasiques.
- γ^{1-3}R — Granites et microgranites sodiques.
- γ^{1-3}R^1 — Granites et microgranites normaux.
- τ — Rhyolites, rhyolitoïdes et pechsteins.
- τ^1 — Trachytes et trachytes quartzifères.
- gabbros — Gabbros francs avec ou sans olivine.
- gabbros — Gabbros leucocrates. Allivalite.
- dolérites — Dolérites avec ou sans olivine.
- labradorites — Labradorites et basaltes avec intercalations de tufs.
- Complexe de rhyolites, pechsteins, dolérites, tufs, etc..
- Roches métamorphiques permiennes et plus récentes.
- Roche à pisolites siliceux du Permo-Trias.
- s. m. Source minérale.

CARTE GÉOLOGIQUE
DES BASSINS
DU MOYEN RANOBE
ET
DU MOYEN MANAMBAO

Echelle : 1/200.000^e

Dessiné et imprimé par le Service Géographique de l'Armée.
Reproduction interdite.

SERVICE GÉOGRAPHIQUE DE L'ARMÉE — 136^bis, Rue de Grenelle — Paris VII^e

Tirage de Mars 1929